

**AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE
DESEMPENHO PARA CERTIFICAÇÃO DE
ARGAMASSAS INTERMEDIÁRIAS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL -PPGEC

**AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE DESEMPENHO PARA CERTIFICAÇÃO DE
ARGAMASSAS INTERMEDIÁRIAS**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil.

CLEDISON ZATTA VALDAMERI

Florianópolis, dezembro de 2005

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE DESEMPENHO PARA CERTIFICAÇÃO DE ARGAMASSAS INTERMEDIÁRIAS

CLEDISON ZATTA VALDAMERI

Dissertação julgada adequada para a obtenção do Título de MESTRE em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

Prof. GLICÉRIO TRICHÊS, Dr. – COORDENADOR DO PPGEC

Prof. HUMBERTO RAMOS ROMAN, Ph.D. (UFSC)

BANCA EXAMINADORA:

Prof. PHILIPPE JEAN PAUL GLEIZE Dr.- Ing (UFSC)

Prof. SÉRGIO CASTELLO BRANCO NAPPI, Dr. (UFSC)

Prof. VICENTE CONEY CAMPITELI, Dr. (UEPG)

AGRADECIMENTOS

Ao professor Humberto Ramos Roman pelas oportunidades, apoio e orientação no desenvolvimento do trabalho.

Ao programa de pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao corpo técnico do Laboratório de Materiais de Construção da UFSC.

A empresa Argasuper, pela doação de materiais.

A empresa Argahouse, pela doação de materiais, em especial aos amigos e colegas de trabalho, Jaison e Leilane, pelo apoio compreensão, amizade e respeito que demonstraram.

Ao professor Fernando Avancini Tristão, pela grande contribuição no trabalho e insuperável disposição para ajudar a qualquer hora.

Aos professores Phillippe e Denise pela ajuda na interpretação dos resultados de DRX e DTA.

Ao pessoal do GDA, pela amizade durante minha passagem por Florianópolis.

Aos amigos, Diego, Willian, Clovis e Rosani, Vó Eliza, Micheli (especial), Leandro, Leonardo, Cristina, Alisson, JOG, Tuco, Déia, Maila, Maycon, Juliano, Kátia, Petão, Eder, por tudo o que fizeram na minha vida.

ESPECIAIS

A DEUS, que me deu força, saúde e lucidez.

Aos meus pais Tereza e Faustino, que sempre foram minha admiração. Em palavras não consigo expressar minha gratidão, por serem e existirem na minha vida.

Aos meus irmãos Cleverson e Janete, pelo carinho e dedicação.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 – A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO.....	1
1.2 - OBJETIVOS	3
1.2.1 – <i>Geral</i>	3
1.2.2 - <i>Específicos</i>	3
1.3 – APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	4
CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1 – ARGAMASSAS INTERMEDIÁRIAS NA REGIÃO DA GRANDE FLORIANÓPOLIS	5
2.2 – MATÉRIAS – PRIMAS E PROCESSOS.....	8
2.2.1 – <i>A cal virgem</i>	8
2.2.1.1 – <i>A cal hidratada e o processo de hidratação</i>	11
2.2.1.2 – <i>Maturação das argamassas intermediárias</i>	16
2.2.2 – <i>Areias</i>	17
2.3 – INFLUÊNCIA DA CAL E DOS AGREGADOS NAS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS.....	19
2.3.1 – <i>Influência da cal nas propriedades das argamassas</i>	19
2.3.2 – <i>Influência dos agregados nas propriedades das argamassas</i>	21
2.4 – ARGAMASSAS MISTAS DE REVESTIMENTO	22
2.5 – BS 4721/81 – <i>READ-MIXED BUILDING MORTARS</i>	24
2.6 – PROCEDIMENTO ATUAL PARA CERTIFICAÇÃO DE ARGAMASSAS INTERMEDIÁRIAS	27
2.6.1 – <i>Auditorias</i>	28
2.6.2 – <i>Ensaio do produto</i>	29
2.6.3 – <i>Critérios de amostragem da argamassa intermediária</i>	30
2.7 – PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS MISTAS.....	32
2.7.1 – <i>Reconstituição de traço</i>	32
2.7.2 – <i>Retenção de água</i>	35
2.7.3 – <i>Ar incorporado</i>	35
2.7.4 – <i>Resistência de aderência à tração</i>	36
CAPÍTULO 3 – ESTUDO EXPERIMENTAL.....	37
3.1 – GENERALIDADES.....	37
3.2 – CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS	37
3.3 – RENDIMENTO DAS CALES VIRGENS.....	43
3.4 – ANÁLISE TÉRMICA	46

3.5 – DIFRAÇÃO DE RAIO-X	49
3.6 – RECONSTITUIÇÃO DE TRAÇO	50
3.7 – PRODUÇÃO DE ARGAMASSAS MISTAS A PARTIR DE ARGAMASSAS INTERMEDIÁRIAS.....	55
3.7.1 – <i>Ensaio realizado</i>	57
3.7.1.1 – <i>Estado fresco</i>	58
3.7.1.2 – <i>Estado endurecido</i>	58
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS.....	59
4.1 – GENERALIDADES.....	59
4.2 – VERIFICAÇÃO DO RENDIMENTO DAS CALES VIRGENS	59
4.3 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE ANÁLISE TÉRMICA	61
4.4 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE DIFRAÇÃO DE RAIO-X	66
4.5 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RECONSTITUIÇÃO DE TRAÇO	70
4.6 – ARGAMASSAS MISTAS	77
4.6.1 – <i>Análise dos resultados no estado fresco</i>	77
4.6.1.1 – <i>Consistência e trabalhabilidade</i>	77
4.6.1.2 – <i>Massa específica e teor de ar incorporado</i>	78
4.6.1.3 – <i>Retenção de água</i>	79
4.6.2 – <i>Análise dos resultados no estado endurecido</i>	81
4.6.2.1 – <i>Resistência à compressão axial</i>	81
4.6.2.2 – <i>Resistência de aderência à tração</i>	84
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	88
5.1 – CONCLUSÕES	88
5.2 – RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
ANEXOS	97

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – ESQUEMA DE PRODUÇÃO DE ARGAMASSAS INTERMEDIÁRIAS	6
FIGURA 2.2 – ESTOCAGEM DE CAL VIRGEM EM EMBALAGENS PLÁSTICAS DE 20 KG	10
FIGURA 2.3 – ESTOCAGEM DE CAL VIRGEM EM “ <i>BIG BAGS</i> ”	10
FIGURA 2.4 – PARTE EXTERNA DE UM TANQUE DE HIDRATAÇÃO.....	15
FIGURA 2.5 – PARTE INTERNA DE UM TANQUE DE HIDRATAÇÃO.....	15
FIGURA 3.1 – EVOLUÇÃO DA TEMPERATURA DE EXTINÇÃO EM RELAÇÃO AO TEMPO.....	39
FIGURA 3.2 – CORRELAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS NBR 725182 E ASTM C 1252/93	42
FIGURA 3.3 – SISTEMA DE EXTINÇÃO DAS CALES VIRGENS PARA VERIFICAÇÃO DE SEUS RENDIMENTOS (POSICIONAMENTO DO FRASCO)	44
FIGURA 4.1 – RENDIMENTO DAS CALES EM MASSA.....	60
FIGURA 4.2 – RENDIMENTO DAS CALES (%)	60
FIGURA 4.3 – PORCENTAGEM DE RESÍDUO RETIDO NA PENEIRA # 200 EM RELAÇÃO A MASSA DE CAL VIRGEM EXTINTA	61
FIGURA 4.4 – RESULTADO DO ENSAIO DE TERMOGRAVIMETRIA DA AMOSTRA CS	62
FIGURA 4.5 – RESULTADO DO ENSAIO DE TERMOGRAVIMETRIA DA AMOSTRA CB.....	62
FIGURA 4.6 – RESULTADO DO ENSAIO DE TERMOGRAVIMETRIA DA AMOSTRA CB1:2-1 ...	63
FIGURA 4.7 – RESULTADO DO ENSAIO DE TERMOGRAVIMETRIA DA AMOSTRA CB1:4-1 ...	63
FIGURA 4.8 – RESULTADO DO ENSAIO DE TERMOGRAVIMETRIA DA AMOSTRA CS1:3-1....	64
FIGURA 4.9 – RESULTADO DO ENSAIO DE TERMOGRAVIMETRIA DA AMOSTRA RCS1:2- 1	64
FIGURA 4.10 – RESULTADO DO ENSAIO DE TERMOGRAVIMETRIA DA AMOSTRA RCB1:2-1.....	65
FIGURA 4.11 – RESULTADO DO ENSAIO DE DIFRAÇÃO DE RAIO-X DA MOSTRA CS.....	67
FIGURA 4.12 – RESULTADO DO ENSAIO DE DIFRAÇÃO DE RAIO-X DA MOSTRA CB	67
FIGURA 4.13 – RESULTADO DO ENSAIO DE DIFRAÇÃO DE RAIO-X DA MOSTRA CB1:2-1 ..	68
FIGURA 4.14 – RESULTADO DO ENSAIO DE DIFRAÇÃO DE RAIO-X DA MOSTRA CB1:4-1 ..	68
FIGURA 4.15 – RESULTADO DO ENSAIO DE DIFRAÇÃO DE RAIO-X DA MOSTRA CS1:3-1 ..	69
FIGURA 4.16 – RESULTADO DO ENSAIO DE DIFRAÇÃO DE RAIO-X DA MOSTRA RCS1:2-1	69
FIGURA 4.17 – RESULTADO DO ENSAIO DE DIFRAÇÃO DE RAIO-X DA MOSTRA RCB1:2-1.....	70

FIGURA 4.18 – COMPARAÇÃO ENTRE TEORES DE CAL HIDRATADA NAS ARGAMASSAS DE CÓDIGO AeCS1:4 E REQUISITOS DA BS 472181 PARA TRAÇO 1:4	73
FIGURA 4.19 – COMPARAÇÃO ENTRE TEORES DE CAL HIDRATADA NAS ARGAMASSAS DE CÓDIGO AccB1:4 E REQUISITOS DA BS 472181 PARA TRAÇO 1:4	74
FIGURA 4.20 – COMPARAÇÃO ENTRE TEORES DE CAL HIDRATADA NAS ARGAMASSAS DE CÓDIGO AeCB1:6 E REQUISITOS DA BS 472181 PARA TRAÇO 1:6.....	74
FIGURA 4.21 – COMPARAÇÃO ENTRE TEORES DE CAL HIDRATADA NAS ARGAMASSAS DE CÓDIGO AccS1:6 E REQUISITOS DA BS 472181 PARA TRAÇO 1:6.....	75
FIGURA 4.22 – COMPARAÇÃO ENTRE TEORES DE CAL HIDRATADA NAS ARGAMASSAS DE CÓDIGO AccB1:9 E REQUISITOS DA BS 472181 PARA TRAÇO 1:9	75
FIGURA 4.23 – COMPARAÇÃO ENTRE TEORES DE CAL HIDRATADA NAS ARGAMASSAS DE CÓDIGO AeCS1:9 E REQUISITOS DA BS 472181 PARA TRAÇO 1:9.....	76
FIGURA 4.24 – VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA COM A RELAÇÃO ÁGUA/MATERIAIS SECOS	78
FIGURA 4.25 – VARIAÇÃO ENTRE A MASSA ESPECÍFICA E A RELAÇÃO ÁGUA/MATERIAIS SECOS	79
FIGURA 4.26 – VARIAÇÃO DA RETENÇÃO DE ÁGUA COM A CONSISTÊNCIA	80
FIGURA 4.27 – VARIAÇÃO DA RETENÇÃO DE ÁGUA COM A RELAÇÃO AGLOMERANTE/AGREGADO	81
FIGURA 4.28 – RELAÇÃO ENTRE A PORCENTAGEM DE CIMENTO UTILIZADA COM A RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL	83
FIGURA 4.29 – RELAÇÃO ENTRE A PORCENTAGEM DE CIMENTO UTILIZADA COM A RESISTÊNCIA DE ADERENCIA À TRAÇÃO	86

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 – ESPECIFICAÇÕES QUÍMICAS NBR 6453/01	9
TABELA 2.2 – ESPECIFICAÇÕES FÍSICAS NBR 6453/01.....	9
TABELA 2.3 – PROPORÇÕES CAL HIDRATADA:ÁGUA DO LEITE DE CAL (EM MASSA) USADAS PELAS EMPRESAS DO GRUPO 1	13
TABELA 2.4– PROPORÇÕES CAL HIDRATADA:ÁGUA DO LEITE DE CAL (EM MASSA) USADAS PELAS EMPRESAS DO GRUPO 2	14
TABELA 2.5 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA AREIA DE DUNA (IMBITUBA)	18
TABELA 2.6 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA AREIA DE RIO (CANELINHA)	18
TABELA 2.7 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA AREIA MISTA EMPRESA II	19
TABELA 2.8 – CATEGORIAS DE ARGAMASSAS INTERMEDIÁRIAS , COM SUAS RESPECTIVAS PROPORÇÕES DE CAL HIDRATADA ESPECIFICADAS PELA BS 4721/81	24
TABELA 2.9 – PROPORÇÃO DE CIMENTO A SER ADICIONADA NAS CATEGORIAS DAS ARGAMASSAS INTERMEDIÁRIAS	25
TABELA 2.10 – QUANTIDADE DE CIMENTO A SER ADICIONADO A ARGAMASSA INTERMEDIÁRIAS PARA FORMAR OS TRAÇOS, EM VOLUME, CORRELACIONADOS	26
TABELA 2.11 – PORCENTAGENS DE CIMENTO UTILIZADAS POR TRISTÃO (1995) PARA FORMAR ARGAMASSAS MISTAS	27
TABELA 2.12 – PONTUAÇÃO INDIVIDUAL DOS ITENS AVALIADOS NA AUDITORIA PARA CERTIFICAÇÃO ARGAMASSAS INTERMEDIÁRIAS	29
TABELA 2.13 – AMOSTREGENS PARA OBTENÇÃO E MANUTENÇÃO DO SELO QUE QUALIDADE DA ARGAMASSA INTEMEIÁRIA	31
TABELA 2.14 – RESULTADOS DE TEOR DE AGREGADO DAS AMOSTRAS E DADOS ESTATÍSTICOS PARA A ARGAMASSA DE TRAÇO 1:10,27	33
TABELA 2.15 – RESULTADOS DE TEOR DE AGREGADO DAS AMOSTRAS E DADOS ESTATÍSTICOS PARA A ARGAMASSA DE TRAÇO 1:13,70	34
TABELA 2.16 – RESULTADOS DE TEOR DE AGREGADO DAS AMOSTRAS E DADOS ESTATÍSTICOS PARA A ARGAMASSA DE TRAÇO 1:20,55	34
TABELA 3.1 – CARACTERIZAÇÃO DAS CALES VIRGENS CS E CB (DADOS FORNECIDOS PELOS FABRICATES)	38
TABELA 3. 2– TEMPERATURA DE EXTINÇÃO DAS CALES VIRGENS	38
TABELA 3.3 – CARACTERIZAÇÃO DAS AREIAS AE E AC	39
TABELA 3.4 – CARACTERIZAÇÃO DO CIMENTO	41

TABELA 3.5 – TEMPERATURAS EM QUE OCORREM TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS E FÍSICAS NAS CALES	48
TABELA 3.6 – PRINCIPAIS DISTÂNCIAS INTERPLANARES UTILIZADAS PARA CARACTERIZAÇÃO DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DAS CALES	50
TABELA 3.7 – COMPOSIÇÃO DAS ARGAMASSAS INTERMEDIÁRIAS ESPECIFICADAS NOS ENSAIOS DE RECONSTITUIÇÃO DE TRAÇO	53
TABELA 3.8 – COMPOSIÇÃO DAS ARGAMASSAS INTERMEDIÁRIAS USADAS NOS ENSAIOS DE RECONSTITUIÇÃO DE TRAÇO	53
TABELA 3.9 – QUANTIDADE DE ÁGUA PARA OBTENÇÃO DO TEOR PRÓXIMO DE 16%	54
TABELA 3.10 – COMPOSIÇÃO DAS ARGAMASSAS INTERMEDIÁRIAS.....	56
TABELA 3.11 – QUANTIDADE DE ÁGUA ADICIONADA NA AREIA PARA OBTENÇÃO DO TEOR DE APROXIMADAMENTE 18% DE ÁGUA NA ARGAMASSA INTERMEDIÁRIA.....	56
TABELA 3.12 – QUANTIDADE DE CIMENTO ADICIONADA A CADA ARGAMASSA INTERMEDIÁRIA	57
TABELA 3.13 – ENSAIOS NO ESTADO FRESCO	57
TABELA 3.14 – ENSAIOS NO ESTADO ENDURECIDO	58
TABELA 4.1 – QUANTIDADE DE HIDRÓXIDOS DE CÁLCIO, HIDRÓXIDO DE MAGNÉSIO E CARBONATO DE CÁLCIO	65
TABELA 4.2 – RESULTADO DOS ENSAIOS DE RECONSTITUIÇÃO, QUANTIDADE DE CAL HIDRATADA ENCONTRADA EM CADA ARGAMASSA.....	71
TABELA 4.3 – RESULTADO DAS REALÇÕES AGLOMERANTE /AGREGADO ENCONTRADOS NOS ENSAIOS DE RECONSTITUIÇÃO.....	71
TABELA 4.4 – DIFERENÇA EM RELAÇÃO AO VALOR ESPERADO	72
TABELA 4.5 – RESULTADOS ENCONTRADOS PELA ANÁLISE FATORIAL DOS ENSAIOS DE RECONSTITUIÇÃO.....	72
TABELA 4.6 – PARÂMETROS DE PROPORCIONAMENTO DAS ARGAMASSAS.....	77
TABELA 4.7 – RESULTADOS ENCONTRADOS NOS ENSAIOS DE MASSA ESPECÍFICA E TEOR DE AR	78
TABELA 4.8 – RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS DE RETENÇÃO DE ÁGUA.....	79
TABELA 4.9 – RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL	81
TABELA 4.10 – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL COM OS REQUISITOS DA BS 4721/81	82

TABELA 4.11 – COMPARAÇÃO DA PROPORÇÃO DE CIMENTO UTILIZADA NAS ARGAMASSAS ESTUDADAS COM AS RECOMENDAÇÕES DA BS 4721/81.....	82
TABELA 4.12 – PORCENTAGEN DE CIMENTO A SER UTILIZADA NAS ARGAMASSAS ESTUDADAS PARA ATENDER AOS REQUISITOS MÍNIMOS DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL IMPOSTOS PELA BS 4721/81.....	83
TABELA 4.13 – RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO	84
TABELA 4.14 – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA COM REQUISITOS DA NBR 13749/96.....	85
TABELA 4.15 – PORCENTAGEN DE CIMENTO A SER UTILIZADA NAS ARGAMASSAS ESTUDADAS PARA ATENDER AOS REQUISITOS MÍNIMOS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO EXIGIDOS PELA NBR 13749/96	86

VALDAMERI, Cledison Zatta. **Avaliação dos Parâmetros de Desempenho para Certificação de Argamassas Intermediárias**. 169 f. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2005.

RESUMO

O presente trabalho enfatiza o desenvolvimento de um estudo experimental, onde analisa a característica de materiais utilizados na fabricação de argamassas intermediárias, faz uma comparação de resultados entre dois métodos de reconstituição de traço para quantificar os componentes de argamassas intermediárias juntamente com uma avaliação das proporções de cal hidratada especificadas pela BS 4721/81. Também, avalia argamassas mistas para revestimento nos traços, 1:1:6 e 1:2:9 (em volume de materiais secos) em relação aos requisitos da BS 4721/81 e NBR 13746/95. O estudo experimental foi realizado em três etapas distintas: a primeira trata da caracterização dos materiais utilizados na pesquisa, como também, da avaliação do rendimento de duas cales virgens, juntamente com ensaios de difração de raio-X e análise térmica diferencial para análises qualitativas e quantitativas dos componentes. A segunda parte da pesquisa relaciona a avaliação de dois métodos de ensaios de reconstituição de traço para argamassas intermediárias. Na terceira parte, foram dosadas argamassas mistas de revestimento, onde foram avaliadas propriedades de retenção de água, teor de ar incorporado, resistência à compressão e resistência de aderência a tração. Os resultados de avaliação de rendimento das cales mostraram que existe diferença significativa entre as cales avaliadas, mas, não existe diferença em relação a proporção de água utilizada para a hidratação. Ainda, constatou-se melhores resultados obtidos pelo método de reconstituição de traço de lavação com água em relação ao de lavação com ácido, em relação aos valores esperados, como também, aos requisitos da BS 4721/81. Nas argamassas mistas, constatou-se que a forma de dosagem do cimento especificada pela norma britânica servem para analisar argamassas em laboratório e não podem ser entendidas como proporções indicadas para atender requisitos de desempenho prático.

Palavras-chave: Argamassas, Cal Virgem, Cal Hidratada.

VALDAMERI, Cledison Zatta. **Avaliação dos Parâmetros de Desempenho para Certificação de Argamassas Intermediárias**. 169 f. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2005.

ABSTRACT

The present work emphasizes the development of an experimental study where analyzes the characteristic of materials used in the production of intermediate mortars and makes a comparison of results between two methods of mix-proportion determination to quantify the components of intermediate mortars together with an evaluation of the proportions of hydrated lime specified by BS 4721/81. Also, it evaluates cement-lime-sand mortars for rendering with, 1:1:6 and 1:2:9 (volume proportions) in relation to the requirements of BS 4721/81 and NBR 13746/95. The experimental study was accomplished in three different stages: the first treats of the characterization of the materials used in the research, as well as the evaluation of the income of two quicklime, together with rehearsals of X-ray diffraction and differential thermal analyses for the components qualitative and quantitative analysis. The second part of the research relates the evaluation of two methods of rehearsals of mix-proportion determination for intermediate mortars. In the third part, cement-lime-sand mortars of covering were dosed where properties of water retention, air entrainment, axial compressive strength and bond strength tensile were appraised. The income lime evaluation results showed that there is a significant difference among the limes appraised, but there is no difference in relation to proportion of water used for the hydration. It was also verified best results obtained by the mix-proportion determination water wash method in relation to the acid wash, in relation to the expected values, as well as the requirements of BS 4721/81. In the cement-lime-sand mortars, it was verified that the form of dosage of the cement specified by the British norm serves to analyze mortars in laboratory and they cannot be understood as suitable proportions to assist requirements of practical acting.

Key words: Mortars, quicklime, hydrated lime.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 A importância do estudo

A constante busca pela melhoria nas habitações e garantia de um crescimento no processo de modernização produtiva pela qual a sociedade tem estabelecido no setor da Construção Civil, envolve várias ações, dos quais se destacam: a melhoria nos projetos, qualificação das construtoras, o atendimento das especificações requeridas para materiais destinados à construção civil, investimentos em programas de capacitação de mão-de-obra, novas normas técnicas e laboratórios adequados.

Em detrimento disso o governo federal, com o objetivo de melhoria da qualidade e produtividade no setor, desenvolveu o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat -PBQP-H, instituído em 1998. Dentre os projetos instituídos por este programa está o de Qualidade de Materiais e Componentes que visa o combate a não-conformidade intencional às normas técnicas de produtos, praticada por produtores, revendedores e/ou construtores responsáveis pelo fornecimento de materiais e outros agentes da Construção Civil. A meta é elevar e manter em 90% o percentual de conformidade com as normas técnicas dos produtos que compõem a cesta de materiais de construção do PBQP-H.

No estado de Santa Catarina, foi desenvolvido o Programa SEBRAE/UFSC de Qualificação para o PBQP-H/SC cujo objetivo principal é contribuir de forma concreta para a competitividade das micro e pequenas empresas da construção civil, qualificando-as para a implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) através da racionalização, melhoria tecnológica e controle dos processos produtivos.

O Programa surgiu da necessidade de atender especificamente a demanda de micro e pequenas empresas interessadas em implantar um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ), viabilizando economicamente a participação destas por meio da formação de grupos e do apoio financeiro do Programa SEBRAE de Consultoria Tecnológica (SEBRAETEC). Para

¹ Desempenho de argamassas se refere ao cumprimento de requisitos práticos de aplicação e utilização.

esse fim, a articulação do SEBRAE/SC com a Universidade Federal de Santa Catarina propiciou a atuação conjunta das duas instituições na idealização e proposição de uma metodologia voltada à realidade dessas empresas e que adota como premissa básica a não interferência na cultura organizacional (FOSSATI, 2004).

Desde a sua criação, em 2001, a metodologia proposta vem sendo aplicada nos trabalhos de qualificação conduzidos em grupos de empresas de projetos de engenharia e arquitetura, empresas produtoras de cerâmica vermelha, mármore e granitos, artefatos de cimento e argamassas intermediárias, com adaptações levando em consideração o produto oferecido pela empresa.

Com foco nas argamassas intermediárias, o processo de certificação, assim como de outros produtos, é composto de auditorias e ensaios físicos e químicos, sendo possível atestar sua qualidade e preocupações com relação à padronização e controle no processo produtivo. Como parte deste processo, foi preparado um PSQ e uma lista de verificação para a produção de argamassas intermediárias. Além disso, procurou-se definir ensaios capazes de avaliar a adequação da argamassa intermediária ao uso.

Relacionado os ensaios, a normalização brasileira não trata especificamente destas argamassas, mas, a norma britânica BS 4721/81, possui recomendações de ensaios físicos e proporções de cal hidratada para determinada classe de argamassa intermediária, sendo, estes parâmetros adotados atualmente para avaliação das argamassas intermediárias.

Entretanto, no início das atividades de certificação, ocorreram vários problemas relacionando os ensaios de reconstituição de traço, como também, resistência à compressão axial, sendo algumas argamassas reprovadas em mais de uma verificação.

Porém, os dados relativos aos problemas ocorridos não eram conclusivos em relação as causas das reprovações, podendo existir interferências causadas pelas metodologias utilizadas, como também das especificações impostas pela norma utilizada, já que se trata de uma norma internacional.

Ressalta-se que atualmente quatro fabricantes argamassas intermediárias do estado de Santa Catarina estão certificados, e existem vários aguardando uma definição da viabilidade do processo atual para solicitar o selo de qualidade das suas argamassas.

As reprovações e a utilização de especificações internacionais causaram indisposição nos fabricantes de argamassas intermediárias, que começaram a contestar fortemente a metodologia utilizada, principalmente relacionando as proporções de cimento que são especificadas pela BS 4721/81 para compor argamassas mistas e serem realizados os ensaios requeridos.

Logo, ensaios e a metodologia indicada pela norma BS 4721/81 ficaram a mercê de um estudo mais aplicado para que a referida norma possa ser utilizada no processo de certificação de argamassas intermediárias.

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

O presente trabalho tem por objetivo avaliar as características de materiais usados na fabricação de argamassas intermediárias da região da grande Florianópolis - SC, dois métodos de reconstituição de traço para argamassas intermediárias e verificar propriedades de argamassas mistas, nos traços 1:1: 6 e 1:2: 9 (em volume de materiais secos) dosadas a partir de argamassas intermediárias em relação às prescrições da norma BS 4721/81 e NBR 13749/96.

1.2.2 Específicos

- Verificar o rendimento, em massa, nas idades de um e sete dias, de duas cales virgens, de diferentes fabricantes e embalagens, utilizadas por fabricantes de argamassas intermediárias;
- Avaliar as características das cales virgens, após hidratação e de seus resíduos através de técnicas de difração de raio-X e análise térmica diferencial;
- Avaliar dois métodos de reconstituição de traço de argamassas, usando argamassas intermediárias produzidas em laboratório;
- Comparar resultados de reconstituição com especificações descritas pela norma britânica BS 4721/81;
- Avaliar argamassas mistas, dosadas a partir de argamassas intermediárias, nos traços 1:1: 6 e 1:2: 9 (volume), em relação aos requisitos da norma BS 4721/81.

- Avaliar a resistência de aderência das argamassas mistas em relação aos requisitos da NBR 13749/95.

1.3 Apresentação do trabalho

O trabalho foi estruturado em cinco capítulos que descrevem os assuntos relacionados abaixo:

O capítulo 1 – Introdução - Apresenta a justificativa do trabalho, bem como a abordagem proposta e seus objetivos.

No capítulo 2 – Revisão da literatura – É apresentada uma revisão da bibliografia com definições importantes relacionadas com o tema.

No capítulo 3 – Estudo experimental - Apresenta a caracterização dos materiais utilizados no experimento, composição de misturas e procedimentos adotados para realização dos ensaios.

O capítulo 4 – Resultados - Apresenta os resultados dos ensaios realizados, demonstrados através de gráficos e tabelas e com as discussões pertinentes ao exposto.

O capítulo 5 – Conclusões e recomendações – Contém as considerações finais sobre o trabalho experimental, bem como as sugestões de pesquisas para consolidação do assunto.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Argamassas intermediárias na região da grande Florianópolis

O começo da produção de argamassas intermediárias em Santa Catarina se deu na cidade de Florianópolis, onde a construção civil crescia em decorrência do turismo e da qualidade de vida. As primeiras fábricas datam aproximadamente do início de 1986, a princípio elas reproduziam a tecnologia de fabricantes gaúchos.

A partir da aceitação do produto nas obras e da visualização de um bom mercado pelos empresários, houve um crescimento do número de fábricas e construção de novas unidades em diferentes cidades, como São José, Palhoça, Balneário Camboriú, Itapema, Brusque, Joinville, Santo Amaro da Imperatriz, entre outras.

Deve ser destacada a existência de unidades fabris em outros estados, como Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo, em número menor que os encontrados na região litorânea do Estado de Santa Catarina, tamanha a expansão do setor nos anos subseqüentes.

As constituições físicas e organizacionais destas empresas, em geral, são de pequenos escritórios constituídos da parte de gerência e vendas, depósito de matérias-primas (areia e cal virgem), local de produção e espaço para estocagem da argamassa.

As argamassas intermediárias são resultantes de uma mistura de cal hidratada em forma de leite de cal, com areia úmida, através de um sistema contínuo de produção, que será misturada ao cimento, água e, eventualmente, mais areia para a produção de argamassas mistas de assentamento e revestimento. Destaca-se também, o fornecimento a granel nos canteiros de obras.

Quanto ao processo produtivo, todos os fabricantes utilizam a mesma metodologia, o diferencial está somente na forma e dimensões dos equipamentos. O processo básico de fabricação foi descrito por Silva *et al.* (2003), e apresentado na figura 2.1.

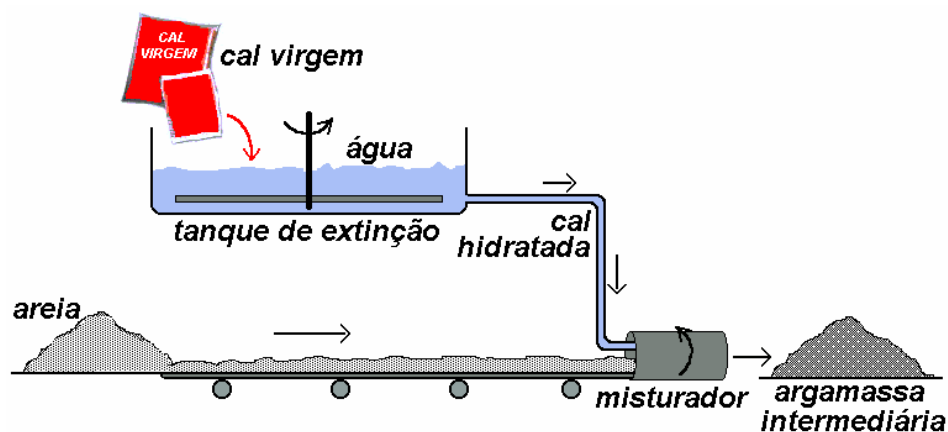


Figura 2.1 – Esquema de produção de argamassas intermediárias (SILVA *et al.* 2003)

A produção de argamassa intermediária, no passado, podia ser considerada uma prática simples e realizada em empresas de pequeno porte e com poucos recursos tecnológicos. Hoje, através de uma parceria entre o SEBRAE, a UFSC e empresas fabricantes, em torno de um programa de qualificação e certificação para as argamassas intermediárias, várias ações foram desenvolvidas para a melhoria dos processos produtivos e do produto final.

Dentre as ações desenvolvidas destacam-se os que citamos a seguir.

1. A implementação de sistema da qualidade que considera fatores como a:
 - a. criação de setor da qualidade com responsabilidade pela implementação e manutenção do sistema;
 - b. definição de política e objetivos da qualidade;
 - c. elaboração de manual e documentos da qualidade.
2. Responsabilidades da direção através:
 - a. do comprometimento da direção;
 - b. do atendimento aos requisitos dos clientes;
 - c. do planejamento de atividades do sistema de gestão;
 - d. da definição das responsabilidades dentro das empresas.

3. Gestão de recursos a partir da:
 - a. Provisão de recursos para implementação e manutenção do sistema, assim como equipamentos adequados para cada atividade.
4. Controle de matéria-prima através:
 - a. da criação de sistema de avaliação de fornecedores;
 - b. da especificações para aquisição de matéria-prima;
 - c. do controle na caracterização de areia e cal virgem;
 - d. do controle das condições de estocagens das matérias-primas.
5. Controle do processo produtivo considerando-se a:
 - a. Organização no processo de produção;
 - b. Manutenção de equipamentos;
 - c. Adequação e correções nas dosagens.
6. Controle da argamassa produzida a partir do controle:
 - a. dos ensaios para caracterização como reconstituição de traço e homogeneidade da mistura;
 - b. dos critérios de aceitação ou rejeição de produtos;
 - c. das condições de estocagem;
 - d. da rastreabilidade do produto fabricado.
7. Assistência ao cliente através:
 - a. do fornecimento da composição do produto;
 - b. do fornecimento de traços adequados;
 - c. da criação de critérios de assistência técnica preventiva e corretiva.

Com estas ações implementadas as empresas ganharam rendimento, qualidade no produto e o mais importante, o conhecimento do produto fabricado, até então desconhecido pelos próprios fabricantes devido às deficiências tecnológicas existentes.

Atualmente as vendas de alguns fabricantes superam 2500 m³ ao mês, em média, quantidade suficiente para revestir 100.000 m² de paredes.

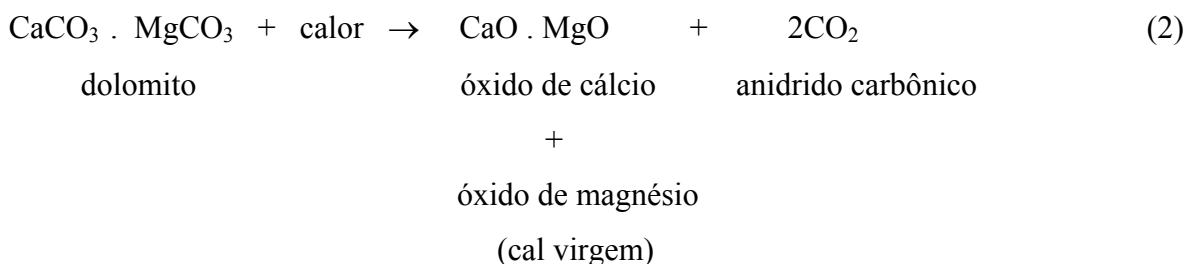
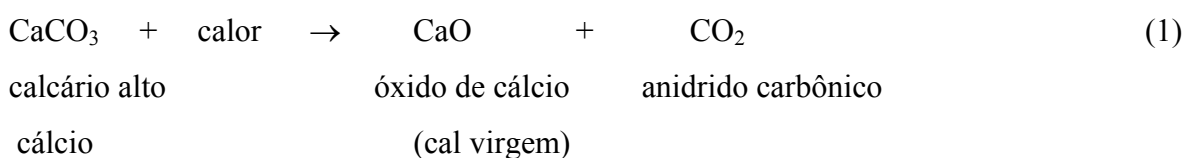
O número de fabricantes não é conhecido, já que existem fabricantes que trabalham na clandestinidade e lojas de materiais de construção que possuem uma pequena unidade fabril.

2.2 Matérias – primas e processos

2.2.1 A cal virgem

O principal produto químico aglomerante, derivado das rochas calcárias e cálcio-magnesianas, é a cal. Este produto é composto de óxidos anidros de cálcio e, eventualmente, de magnésio, sendo obtido por calcinação da matéria-prima sob temperaturas entre 900° C e 1200° C. Sua qualidade é influenciada por diferentes fatores relacionados à matéria-prima e ao processo industrial (GUIMARÃES, 2002).

O resultado da calcinação dos carbonatos de cálcio e de cálcio-magnésio são, respectivamente, os óxidos de cálcio (CaO) e cálcio-magnésio (CaO-MgO), denominados genericamente de cal virgem ou cal aérea ou cal viva (GUIMARÃES, 2002). As equações 1 e 2 exprimem as reações de calcinação.



Quantitativamente, Cincotto (1977) comenta que uma cal virgem cálcica possui praticamente 100% de óxidos de cálcio (CaO), enquanto que a cal dolomítica compõe-se de 58,2% de

óxidos de cálcio (CaO) e 41,8% de óxidos de magnésio (MgO), fornecendo uma relação CaO/MgO de 1,4.

A coloração das cales pode variar dependendo da quantidade de impurezas contidas. Guimarães (2002) comenta que quando a cal virgem for originada de rochas carbonatadas puras, é um produto inorgânico branco e quando se apresentar nas colorações creme, amarelada ou levemente cinza, é sinal que contém impurezas.

Sua estrutura é cristalina formada por cristais isolados ou conglomerados cristalinos, de dimensões e espaços intercristalinos variados, observáveis somente pela microscopia. Algumas vezes, sua observação é mais difícil, pois suas configurações aparecem compactas ou microcristalinas. Seu cristal pertence ao sistema cúbico, com lados de 4,797 ângstrons no óxido de cálcio e 4,203 ângstrons no óxido de magnésio. (GUIMARÃES, 2002).

Na produção de argamassas intermediárias, a cal virgem utilizada é definida pela NBR 6453/01 - Cal virgem para construção civil, como cal virgem comum (CV-C) dolomítica, devido a proporção de óxido de magnésio em sua constituição. Nas tabelas 2.1 e 2.2 são apresentadas as especificações químicas e físicas impostas pela NBR 6453/01.

Tabela 2.1 – Especificações químicas NBR 6453/01

Compostos		CV-E	CV-C	CV-P
Resíduo insolúvel (RI)		≤ 6,0 %	≤ 10,0 %	≤ 10,0 %
Anidrido Carbônico (CO ₂)	Fábrica	≤ 6,0 %	≤ 12,0 %	≤ 12,0 %
	Depósito/obra	≤ 8,0 %	≤ 15,0 %	≤ 15,0 %
Óxidos totais na base não volátil		≥ 90,0 %	≥ 88,0 %	≥ 88,0 %
Água combinada	Fábrica	≤ 3,0 %	≤ 3,5 %	≤ 3,0 %
	Depósito/obra	≤ 3,6 %	≤ 4,0 %	≤ 3,6 %

Tabela 2.2 – Especificações físicas NBR 6453/01

Compostos		CV-E	CV-C	CV-P
Finura (%retida acumulada)	Pen. 1,00 mm	≤ 2,0 %	≤ 5,0 %	≥ 85,0 %
	Pen. 0,3 mm	≤ 15,0 %	≤ 30,0 %	-

Essas cales virgens utilizadas pelos fabricantes de argamassas intermediárias da região da grande Florianópolis são oriundas da região metropolitana de Curitiba, Paraná, principalmente das cidades de Colombo, e Almirante Tamandaré.

As cales são fornecidas para as empresas em embalagens plásticas de 20 kg, *big bags* ou em pedra, onde sua massa varia entre 700 a 1000 kg. A grande maioria dos fabricantes de cales que são fornecedores possuem selo qualidade da Associação Paranaense de Produtores de Cal (APPC).

A estocagem das cales é realizada em locais protegidos de intempéries, pois a umidade pode iniciar o processo de hidratação. Nas figuras 2.2 e 2.3 pode-se observar as embalagens e os depósitos das cales em algumas fábricas.



Figura 2.2 – Estocagem de cal virgem em embalagens plásticas de 20 kg



Figura 2.3 – Estocagem de cal virgem em *Big Bags*

2.2.1.1 Cal hidratada e o processo de hidratação

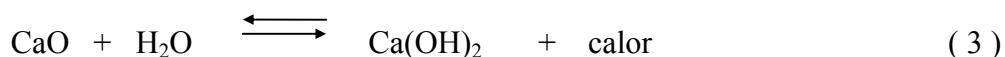
A cal hidratada resulta da hidratação da cal virgem. A reação química que ocorre na presença da água é uma clássica reação de fases sólido-líquida. Dependendo do volume de água utilizada para a reação, o produto final pode ser seco ou com aspectos de creme, lama, leite ou solução saturada (GUIMARÃES, 2002).

Segundo a NBR 7175/92 - Cal hidratada para argamassas, a cal hidratada é um pó seco obtido pela hidratação de cal virgem, constituída essencialmente de hidróxidos de cálcio ou de uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio, ou ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio.

As cales hidratadas são classificadas pela NBR 7175/03, de acordo com sua composição química, como CH I (cal hidratada especial), CH II (cal hidratada comum) e CHIII (cal hidratada comum com carbonatos).

O processo de hidratação, de certo modo, pode ser considerado como uma reação reversível, uma vez que a desidratação realizada por aquecimento regenera a cal virgem, valorizando a água liberada conforme as equações 3 e 4.

Cal alto cálcio:



Cal dolomítica:



O calor que acompanha as reações exotérmicas é considerável: 272 kcal por quilo de cal com alto teor de cálcio, e 211 kcal por quilo de cal dolomítica. Isto significa que 1 kg de cal virgem cálcica pode elevar a temperatura de 2,3 kg de água de 12°C a 100 °C (GUIMARÃES, 2002).

Segundo Guimarães (2002) os óxidos de cálcio e de magnésio iniciam o processo de hidratação ao mesmo tempo, mas o primeiro com velocidade muito maior. No primeiro contato com água, a cal virgem implode e em torno de seu grão forma-se uma solução supersaturada.

Para Cincotto (1977), a cal altamente cálcica hidrata-se mais facilmente que a cal dolomítica devido ao óxido de magnésio supercalcinado, sendo requerido o uso de pressão para hidratação completa.

Para hidratar completamente a cal virgem (100% dos óxidos) alta em cálcio são necessários, estequiometricamente, 32,1% de água (volume). Mas o volume de água utilizada para hidratar cal virgem industrializada varia conforme as características físicas e químicas da cal e também com o método e o hidratador empregados. Além disso, como devem ser consideradas as perdas por umidade e evaporação provocadas pelo calor de hidratação, somente a experiência determina o volume de água adequado (GUIMARÃES, 2002).

Guimarães (2002) comenta que alguns autores indicam os seguintes teores para cal cálcica de água para hidratação completa: 45% (Searle), 52% (Boynton) e 60% (Cimprogetti) (volume).

Para hidratar as cales virgens, dois processos são utilizados: processo de hidratação a seco e processo de hidratação úmido.

Para Guimarães (2002), o processo de hidratação a seco é o mais comum, permitindo a obtenção de cal hidratada em pó. As proporções de cal virgem e água entram na reação em quantidades próximas da estequiométrica, devendo ocorrer uma inserção de água para compensar a perda por evaporação provocada pela reação exotérmica (15% a 20%).

O equipamento deve ser alimentado com uma proporção de cal:água pré-determinada e ter um pré-misturador. Os equipamentos para este processo geralmente compreendem: i) moagem, diminuindo as partículas de cal virgem para dimensões menores que $\frac{1}{4}$ de polegada; ii) pré-misturador; iii) separador granulométrico; iv) moinho de bolas ou de barras; v) transportadores; vi) ensacadeiras; e vii) aparelho de controle e de recuperação de água.

Já o processo de hidratação úmido é o mais antigo e simples processo. A água utilizada para a hidratação é maior (em volume) do que a estequiométrica. Entretanto, a viscosidade da suspensão (geralmente de 30% a 40% de sólidos) necessita de controle e de uma proporção (em massa) água:cal de aproximadamente 3:1 (cales cálcicas) e de 2:1 (cales dolomíticas), dependendo sobretudo da reatividade e pureza da cal virgem (GUIMARÃES, 2002).

O autor também comenta que este processo pode ser dividido em duas etapas. A primeira é voltada para a obtenção de pasta de cal (70% a 55% de sólidos) que ao ser diluída num segundo tanque, segunda etapa, permite a obtenção de lama de cal (30% a 50% de sólidos) ou leite de cal (com 1% a 30% de sólidos).

O processo de hidratação da cal virgem nas fábricas de argamassas intermediárias é o processo úmido. Em tanques de hidratação é realizada a chamada queima da cal virgem (hidratação), onde primeiramente é adicionada a água e após a cal virgem.

As proporções cal virgem:água utilizadas por empresas fabricantes destas argamassas foi descrita por Tristão *et al.* (2003), conforme tabela 2.3. Os dados contidos na tabela 2.4 são relativos a proporções cal virgem:água do segundo grupo de fabricantes de argamassas intermediárias participantes do processo de consultoria, não descritos por aqueles pesquisadores.

Tabela 2.3 – Proporções cal hidratada:água do leite de cal (em massa) usadas pelas empresas do Grupo 1 (TRISTÃO *et al.*, 2003).

EMPRESA	CAL HIDRATADA:ÁGUA (massa)
I	1:2,35
III	1:3,44
V	1:1,31
VI	1:2,85
VII	1:6,45
VIII	1:2,98
IX	1:4,57
XIII	1:2,96

Tabela 2.4 – Proporções cal hidratada:água do leite de cal (em massa) usadas pelas empresas do Grupo 2.

EMPRESA	CAL HIDRATADA:ÁGUA (massa)
2 ^a	1:2,86
3 ^a	1:2,92
4 ^a	1:1,78
5 ^a	1:2,42
6 ^a	1:1,95
7 ^a	1:4,74
8 ^a	1:2,09
9 ^a	1:2

Nas proporções mostradas deveria ser considerada também a quantidade de água perdida por evaporação, devido ao aumento da temperatura da mistura que ocorre no processo de hidratação.

Ainda assim, observa-se que as proporções utilizadas apresentam uma variabilidade considerável, sendo, em média, na proporção de 1:3 (cal hidratada:água).

As características dos tanques de hidratação são similares nas empresas: circulares, fabricados de blocos de concreto ou, mais recentemente, metálicos. Suas dimensões são muito variadas, sem medidas padrões. São providos de motores que fazem girar pás internas, evitando o acúmulo de cal virgem e contribuem na homogeneização da pasta.

O processo de homogeneização é constante até a finalização do leite de cal e conseqüente término de produção da argamassa. Nas figuras 2.4 e 2.5 são mostrados exemplos das características dos tanques de hidratação.



Figura 2.4 – Parte externa de um tanque de hidratação



Figura 2.5 – Parte interna de um tanque de hidratação

O tempo de hidratação, as propriedades físicas, químicas e físico-químicas da cal virgem influenciam na reação água/óxido, que se processa com velocidades diferentes. As cales são classificadas pelo tempo necessário para a hidratação, como descreve Guimarães (2002):

- 1 – rápida, na qual a reação completa-se em 8 minutos;
- 2 – média, entre 8 e 25 minutos ou;
- 3 – lenta, acima de 25 minutos.

Niques (2003) analisou o efeito do tempo de maturação na microestrutura de uma cal virgem dolomítica, realizou, entre outros, estudo sobre a velocidade de hidratação de uma cal virgem dolomítica, utilizando metodologia baseada na norma NBR 10791/89.

O resultado encontrado por Niques (2003) foi um tempo de extinção de 10 minutos para a cal virgem analisada. Entretanto, Guimarães (2002) comenta que a velocidade de reação água/óxido pode ser perturbada se a proporção dos materiais não for calculada corretamente. Se houver água em excesso ou em falta, haverá o afogamento ou a requeima da cal.

O afogamento da cal ocorre quando existe água em excesso, provocado pela rápida hidratação superficial dos grãos maiores, o que diminui a porosidade da superfície. Com isso, há tendência ao impedimento de acesso de água ao interior das partículas, a reação de hidratação é sufocada antes da ruptura das partículas de cal virgem (GUIMARÃES, 2002).

Já a requeima ocorre quando o volume de água não é suficiente, o que provoca a geração de calor excessivo em determinados pontos da massa de cal virgem, podendo desidratar a partícula vizinha e também aumentar o tamanho dos cristais, impedindo a penetração da água para dentro da partícula. (GUIMARÃES, 2002).

Nas fábricas de argamassas intermediárias a variabilidade nos tempos de hidratação é grande, se enquadrando entre 30 minutos a 4 horas. Entretanto, a maioria utiliza 30 minutos, contados a partir do momento em que toda cal virgem entrou no sistema.

Analisando a metodologia utilizada pelos fabricantes, os dados encontrados por Niques (2003) e considerando que as cales utilizadas por fabricantes e pelo pesquisador são dolomíticas e oriundas da mesma região, pode-se considerar que as cales utilizadas são de velocidade de hidratação média, conforme classifica Guimarães (2002).

2.2.1.2 Maturação das argamassas intermediárias

Segundo Niques (2003) a maturação consiste em deixar a cal em contato com areia e água, ou somente com água, durante um determinado período, antes do emprego na argamassa.

Com relação ao tempo de maturação, a norma NBR 7200/98, estabelece que argamassas que possuam cal em sua composição devem obedecer a um período de maturação mínimo de 16 horas.

Guimarães (2002) também comenta que a maturação é necessária para completar sua cristalização e desenvolver plasticidade nas cales.

Rago e Cincotto (1998) comentam que a cal que fica em repouso em água, seja na forma de pasta de cal ou argamassa, melhora as propriedades das argamassas no estado fresco, destacam melhorias na trabalhabilidade e retenção de água quando comparada com uma argamassa sem a maturação da cal.

Hansen *et al.* (1999) compararam cales com tempo de maturação de dois anos com uma cal maturada por 16 anos. Os resultados mostram um aumento da área específica da cal ao longo do tempo de maturação, além de uma melhor formação dos cristais.

Com relação às possíveis patologias envolvendo a falta de maturação das cales, Cincotto (1977) declara que a utilização de argamassa contendo cal sem maturação pode provocar uma formação de vesículas nas paredes causadas pela hidratação retardada dos óxidos de cálcio e magnésio.

Nas fábricas de argamassas intermediárias também é verificada a cultura da maturação. Os tempos de maturação são variáveis de empresa para empresa, mas prevalecem os de 24 horas. Ao Comparar-se este tempo com as recomendações da NBR 7200/98 e trabalhos como os de Niques (2003), o tempo adotado parece ser adequado para hidratação de todos os óxidos e para evitar a patologia comentada por Cincotto (1977).

2.2.2 Areias

A areia é um material particulado, de origem mineral, com predominância de quartzo (GUIMARÃES, 2002).

Kloss (1991) comenta que a função dos agregados (areias) é atuar em argamassas e concretos como elemento inerte, não podendo sofrer transformações químicas.

Para Ribeiro *et al.* (2002), os agregados podem ser obtidos diretamente na natureza em leitos de rios ou barranco, ou por processo de fragmentação ou trituração de materiais de extração.

As tabelas 2.5, 2.6 e 2.7 mostram características físicas de algumas areias usadas na produção de argamassas intermediárias, apresentadas por Tristão *et al.* (2003) e Silva *et al.* (2003).

Tabela 2.5 – Características físicas da areia de duna (Imbituba) (SILVA *et al.*, 2003).

	Abertura da Peneira em mm	Porcentagem retida	
		Em massa	
		Individual	Acumulada
Composição Granulométrica - NBR 7217	1,2	.	.
	0,6	.	.
	0,3	2,82	2,82
	0,15	75,78	78,6
	0,075	21,3	99,9
	<0,075	0,1	100
Módulo de finura	0,81		
Massa unitária	1,53 kg/dm ³		
Materiais pulverulentos	0,89%		

Tabela 2.6 – Características físicas da areia de rio (Canelinha) (SILVA *et al.*, 2003).

	Abertura da Peneira em Mm	Porcentagem retida	
		Em massa	
		Individual	Acumulada
Composição Granulométrica - NBR 7217	1,2	2,24	2,24
	0,6	26,58	26,58
	0,3	34,85	63,67
	0,15	27,61	91,28
	0,075	6,62	97,9
	<0,075	2,1	100
Módulo de finura	1,86		
Massa unitária	1,40 kg/dm ³		
Materiais pulverulentos	3,41%		

Tabela 2.7 - Características físicas da areia mista empresa II (TRISTÃO *et al.*, 2003).

	Abertura da Peneira em Mm	Porcentagem retida Em massa	
		Individual	Acumulada
Composição Granulométrica – NBR 7217	1,2	1	1
	0,6	5	6
	0,3	11	17
	0,15	74	91
	Fundo	9	100
Módulo de finura	1,15		
Materiais pulverulentos	1,14%		

Na NBR 7211/05 - Agregados para concreto, são encontradas especificações de areias para concreto e argamassas tais como granulometria, teor de materiais pulverulentos, entre outras.

Comparando as características das areias encontradas por Tristão *et al.* (2003) e Silva *et al.* (2003) com as recomendações prescritas pela NBR 7211/05, as composições granulométricas não são atendidas.

Esse fato se deve à maioria das empresas produzirem argamassa intermediária para utilização como revestimento de camada única, necessitando de melhor acabamento final. Conseqüentemente, as areias devem ser finas e ficam abaixo da zona utilizável dos limites inferiores.

Ainda em relação à granulometria, algumas areias utilizadas na produção de argamassas intermediárias atendem aos limites da norma BS 1199/76 - *Building Sands from Natural Sources*.

A estocagem das areias é diferenciada nas fábricas, destaca-se o método a céu aberto, em baias sem cobertura e em locais protegidos contra intempéries.

2.3 Influência da cal e dos agregados nas propriedades das argamassas

2.3.1 Influência da cal nas propriedades das argamassas

A cal hidratada é antes de tudo um aglomerante. Sua função principal é unir os grãos de areia presentes nas argamassas de assentamento e revestimento. Mas, enquanto o cimento precisa

de água para endurecer, a cal endurece em contato com o ar e água, transformando-se em carbonatos sólidos.

A cal hidratada é de fundamental importância para as propriedades das argamassas, tanto no estado fresco como no estado endurecido.

A cal possui influência na trabalhabilidade das argamassas, sendo esta associada às propriedades de plasticidade, exsudação de água, coesão interna, tixotropia, adesão e massa específica, entre outras (CINCOTTO *et al.*, 1995). A cal hidratada também influencia na consistência das argamassas devido à coesão interna que proporciona, causada pela diminuição de tensão superficial da pasta aglomerante e pela adesão ao agregado (TRISTÃO, 1995).

As argamassas contendo cal são boas retentoras de água, sendo esta uma característica desejada no estado fresco, devido à elevada área específica da cal e pela grande capacidade de absorção de seus cristais. Esta propriedade também influencia no estado endurecido da argamassa, pois determina as condições de hidratação do cimento e de carbonatação da cal, responsáveis pelo processo de endurecimento (SABBATINI, 1990).

A cal hidratada confere à argamassa boa capacidade de absorver deformações sem o desenvolvimento de fissuras intensivas, pois reduz seu módulo de deformação (SELMO, 1989).

Com relação às características e propriedades das argamassas no estado endurecido, incluindo as resistências mecânicas, a cal também possui sua influência porque passa por um processo de endurecimento.

Para Guimarães (2002) o endurecimento inicial de argamassas com cal se deve à secagem e à perda de água de amassamento, formando uma nova estrutura cristalina de hidróxidos de cálcio. Após a secagem, forma-se uma camada superficial de carbonatos de cálcio (na forma de calcita) pela ação do anidrido carbônico do ar.

Com relação às resistências à tração e à compressão, pequenas adições de cal, em uma relação cal/cimento padrão, aumentam as resistências. Aumentando o teor de cal ocorrem decréscimos significativos e, conforme Selmo (1989), a menor relação cal/cimento proporciona maiores resistências mecânicas nas argamassas.

A cal também é utilizada como redutora de retração plástica, nas primeiras horas a retração é regulada pela retenção de água da argamassa. Para Bastos (2001) este tipo de retração ocorre antes da pega do cimento quando a fração sólida da mistura dispõe de mobilidade, de umas em relação às outras.

Rago e Cincotto (1998) ao estudarem cales do tipo cálcicas e dolomíticas com diferentes teores de CO₂, demonstraram que existe influência do tipo de cal na viscosidade e no limite de escoamento, interferindo na plasticidade e consistência.

John (2003, *apud* CINCOTTO *et al.* (1985) e Mosquera *et al.* (2002) comentam que a adição de cal hidratada em argamassas mistas reduz significativamente o módulo de elasticidade sem afetar na mesma proporção a resistência à tração, acarretando no aumento da vida útil dos revestimentos.

2.3.2 Influência dos agregados nas propriedades das argamassas

Os agregados, mais especificamente as areias, possuem papel importante não só nas características das argamassas, mas também na redução de custos (AZEREDO, 1978), já que ocorre a diminuição do consumo dos aglomerantes (cimento e cal).

Os agregados reduzem em parte as modificações de volume, por formarem uma espécie de esqueleto rígido que facilita a passagem de anidrido carbônico do ar necessário na recarbonatação do hidróxido de cálcio (TRISTÃO, 1995).

Analisando-se os comentários de vários autores, como Tristão (1995), Selmo (1989), e Bastos (2001), pode-se concluir que, os agregados possuem a grande importância de diminuir os efeitos de retração nas argamassas e que areias bem graduadas podem ser usadas em maior quantidade do que areias mal graduadas.

Para Cincotto *et al.* (1995) pode ocorrer uma melhoria de trabalhabilidade das argamassas na medida em que o módulo de finura do agregado é diminuído e também utilizando areias que não contenham muitos grãos angulosos.

Selmo (1989) comenta que a área específica dos grãos dos agregados e o índice de vazios da areia relacionam-se diretamente com o consumo de aglomerantes e água de amassamento. Quanto maiores estas variáveis, maior o consumo de aglomerante e água.

Segundo Tristão (1995) a influência da areia na retração das argamassas é marcante na medida em que a granulometria do agregado define o volume de vazios.

Quanto à aderência, a utilização de areia fina pode melhorar a resistência de aderência de uma argamassa se o substrato de aplicação for de baixa absorção (SELMO, 1989).

Para Tristão (1995) as resistências mecânicas estão muito relacionadas à relação água/cimento, salienta que a quantidade de água de amassamento está diretamente ligada ao índice de vazios e à área específica dos grãos, assim, forma dos grãos e granulometria são as principais propriedades das areias que interferem nas resistências mecânicas das argamassas.

Segundo Bonin *et al.* (1999) a presença de finos na areia não pode ser entendida como um aspecto que torna a areia imprópria para a produção de argamassas de revestimento pelo elevado consumo de água necessária na mistura, uma vez que a uniformidade da areia também é um fator importante.

Ainda, salienta que um teor elevado de finos em areias uniformes eleva consideravelmente o consumo de água para atingirem uma determinada trabalhabilidade. Isto não se verifica em areias desuniformes, sejam elas contínuas ou descontínuas (BONIN *et al.*, 1995).

2.4 Argamassas mistas de revestimento

Existe um alto índice de utilização de argamassas mistas nas edificações brasileiras, principalmente como revestimento e assentamento de unidades de alvenaria (blocos e tijolos). Suas funções vão desde a proteção da edificação contra solicitações externas até a parte estética.

A norma brasileira NBR 7200/98 - Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - define a argamassa como “mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento”. Na NBR 13530/95 existe a classificação das argamassas de acordo com sua natureza, aglomerante, função e forma de preparo ou fornecimento.

As especificações encontradas na norma brasileira NBR 13749/96 definem condições que devem ser atendidas como os materiais que devem ser compatíveis com o acabamento e as condições de exposição previstas e devem ter resistência mecânica compatível com o acabamento requerido.

Com relação à constituição, as argamassas são comumente compostas de areia natural lavada e os aglomerantes, que são em geral o cimento Portland e a cal hidratada. A destinação das argamassas determina o tipo de aglomerante a ser utilizado. Assim, existem argamassas de cal, cimento e cal e cimento (FIORITO, 1994).

As argamassas mistas de cimento e cal são utilizadas nas alvenarias, estruturais ou não, de tijolos ou blocos; no assentamento de revestimentos cerâmicos em pisos ou paredes pelo método convencional e no preparo de paredes e pisos para receberem revestimentos cerâmicos aplicados com argamassa colante, especialmente, nos emboços de forros e paredes (FIORITO, 1994).

Sabbatini (1990) comenta que os revestimentos podem ser classificados de acordo com critérios relacionados ao número de camadas que os constitui, condições de exposição e quanto ao plano de aplicação, com a possibilidade de que estes sirvam de base para outros revestimentos como azulejos, pastilhas, gesso, etc.

Os revestimentos de argamassas podem se constituir de uma ou duas camadas. Estas camadas recebem diferentes denominações: emboço (massa grossa), reboco (massa fina) ou massa única. A massa única é o revestimento com acabamento em pintura executada em uma única camada. Neste caso, a argamassa utilizada e a técnica de execução deverão resultar em um revestimento capaz de cumprir as funções tanto do emboço quanto do reboco, ou seja, regularização da base e acabamento (SABATINNI, 1990).

Selmo (1989) enfatiza que muitas das propriedades das argamassas só podem ser avaliadas em conjunto com a base de aplicação do revestimento e que estas propriedades, no estado endurecido, poderão ser mais enfatizadas que outras, dependendo de funções especiais ou condições de exposição dos revestimentos.

As proporções para mistura de materiais na confecção de argamassas mistas, segundo Green *et al.* (1999), são tipicamente uma parte de aglomerante para três partes de areia ou 1:1:6, 1:2:9 (cimento:cal:areia), sendo mais comum a proporção 1:1:6. Estas proporções, no Brasil, são encontradas em vários trabalhos, vários autores concordam que são adequadas para utilização em revestimentos.

O grande problema relacionado às argamassas mistas de cimento, cal e areia foi comentado por Campitelli *et al.* (1995) que destaca a sensibilidade dos pedreiros em dosar a cal em argamassas de cal e areia, mas têm dificuldade na dosagem do cimento nas argamassas semi-

prontas (argamassas intermediárias). Deste modo, existe a necessidade de utilizar a racionalização, em relação à dosagem, para as argamassas mistas.

2.5 BS 4721/81 – *Ready-mixed building mortars*

A norma britânica BS 4721/81 especifica categorias de misturas feitas em fábricas, onde sua composição é essencialmente constituída de cal, areia e água, sendo denominadas de, mistura pronta de cal:areia para argamassas, que na região da grande Florianópolis são chamadas de argamassas intermediárias. Está subdividida em quatro partes, a segunda, inclusive, envolve especificamente misturas prontas de cal e areia para argamassas, ou seja, argamassas intermediárias.

Na seção dois da BS 4721/81, constam os tipos de materiais que devem ser utilizados para a produção de argamassas intermediárias e também são especificadas as categorias de argamassas intermediárias com suas respectivas porcentagens de cal hidratada, proporções de cimento para serem adicionadas às respectivas categorias de argamassas intermediárias, com as especificações de propriedades que devem ser atendidas. Soma-se a isso forma e tempo de amostragem para controle de argamassas intermediárias em laboratório.

As categorias especificadas e suas respectivas porcentagens de cal hidratada, mínima e máxima, são apresentadas na tabela 2.8.

Tabela 2.8 -Categorias de argamassas intermediárias, com suas respectivas proporções de cal hidratada, especificadas pela BS 4721/81

Categoria Cal:areia (volume)	Limites de cal hidratada (porcentagem em massa seca)	
	Mínimo	Máximo
1:12	1,5	4,0
1:9	2,0	5,5
1:6	3,5	8,0
1:4,5	4,5	9,5
1:4	6,5	10,5
1:3	9,0	14,0

Para a verificação de propriedades físicas requeridas, são especificadas porcentagens de cimento em relação à massa de materiais secos contidas na argamassa intermediária (cal hidratada:areia).

Na tabela 2.9, são apresentadas as proporções de cimento que devem ser adicionada às argamassas intermediárias para formar argamassas mistas a serem avaliadas em laboratório. Mostra também as propriedades que devem ser verificadas e atendidas conforme especifica a norma britânica.

Tabela 2.9 – Proporção de cimento a ser adicionada nas categorias das argamassas intermediárias

Proporção nominal de cal:areia em volume	Porcentagem em massa De cimento Adicionada à mistura cal:areia seca	Retenção De água	Quantidade de ar	Resistência à compressão	
				7 dias	28 dias
		Mínima	Máxima	Mínima	
	%	%	%	N/mm2	N/mm2
1:12	30	88	7	10,7	16,0
1:9	20	89	7	4,3	6,5
1:6	15	90	7	2,4	3,6
1:4,5	10	91	7	1	1,5
1:4	7,5	92	7	-	-
1:3	0	93	-	-	-

Também são apresentadas correlações entre as categorias de argamassas intermediárias e traços tradicionalmente utilizados, conforme mostra a tabela 2.10. Esta tabela também apresenta a relação, em massa, de cimento a ser adicionada nas argamassas intermediárias para formar argamassas mistas.

Tabela 2.10 – Quantidade de cimento a ser adicionado a argamassa intermediária para formar os traços, em volume, correlacionados

Categoria Cal:areia (volume)	Proporção nominal em volume Cimento:cal:areia	Massa de cimento para ser adicionada com uma tonelada de argamassa intermediária (kg)	
		Uso normal	Uso especial
1:12	1:0,25:3	250	
1:9	1:0,5:4 a 4,5	170 - 190	180 – 200
1:6	1:1:5 a 6	125 - 150	135 – 160
1:4,5	1:2:8 a 9	90 - 100	95 - 105
1:4	1:3:10 a 12	65 - 75	70 - 80
1:3	0:1:2,5 a 3		

A razão pela qual a diferenciação entre os usos normal e especial é realizada deve-se à consideração da norma, cuja recomendação, quando a resistência de uma argamassa dosada com teor de cimento de uso normal não atender às necessidades, a utilização da proporção especificada para uso especial.

No Brasil não existem trabalhos que envolvam a mesma forma de dosagem do cimento como recomenda a norma britânica, com ressalva ao trabalho apresentado por Campiteli et al (1995), mas uma comparação pode ser realizada utilizando o trabalho de Tristão (1995).

Utilizando a forma de dosagem tradicional, transformação de traço através das massas unitárias dos materiais, é possível verificar, na tabela 2.11, as porcentagens de cimento utilizadas por Tristão (1995).

Tabela 2.11 – Porcentagens de cimento utilizadas por Tristão (1995) para formar argamassas mistas

Proporção nominal em volume Cimento:cal:areia	% de cimento utilizada em relação a massa de argamassa de cal e areia	
	Mínimo	Máximo
1:1:6	10,5	13,3
1:2:9	7,1	8,1

Cabe ressaltar que Tristão (1995) não utilizou areias que são usadas por fabricantes de argamassas intermediárias e também utilizou cal hidratada para a produção das argamassas mistas.

Logo, existe uma diferença entre as recomendações da norma britânica e dosagens realizadas no Brasil, mas não significa que foram produzidas argamassas que não atendam aos requisitos de desempenho prático.

Quanto aos ensaios para avaliar as propriedades requeridas, a BS 4721/81 especifica as metodologias definidas pela BS 4551/ 98, sendo *flow* para obtenção da quantidade de água para obtenção do índice de consistência padrão, retenção de água através da utilização de papéis filtros, o teor de ar através do método da densidade e resistência à compressão utilizando moldes de formato cúbicos.

2.6 Procedimento atual para certificação de argamassas intermediárias

O Processo de certificação de argamassas intermediárias tem por objetivo estabelecer mecanismos para avaliação da sua qualidade, considerando o controle de insumos, das etapas do processo produtivo e do produto acabado.

Dentre os benefícios trazidos pelo processo de certificação do produto podem ser citados:

- a garantia do atendimento aos requisitos do cliente, por meio da avaliação do sistema da gestão da qualidade da organização fornecedora;
- a garantia do traço da argamassa fornecida, facilitando a dosagem do cimento na obra, conforme ao fim que se destina;
- o desenvolvimento do setor por meio do aumento da produtividade com melhoria da relação custo/benefício;

- a redução das não-conformidades, ocasionadas pela carência de padronização e de controle das etapas do processo.

Para a obtenção do selo de qualidade, as empresas fabricantes devem atender a requisitos que são: passar por processo de avaliação através de auditorias e ter seu produto aprovado em ensaios realizados em laboratórios idôneos.

2.6.1 Auditorias

A avaliação do Sistema de Gestão da Qualidade da empresa deverá ser feita por meio de auditorias, seguindo as diretrizes da NBR ISO 19011 e da Lista de Verificação de Argamassa Intermediária, elaborada dentro dos princípios da ISO 9001:2000 e requisitos específicos do Programa Setorial de Argamassa Intermediária, e em acordo com os seguintes critérios:

- os itens avaliados devem ser pontuados de zero a dez, levando-se em consideração os critérios da lista de verificação e a melhoria contínua;
- quando a pontuação obtida for inferior a quatro, o item é considerado como não-conforme;
- a pontuação máxima, dez, será conferida a aqueles itens que estejam em conformidade com o seu equivalente na NBR ISO 9001:2000;
- a pontuação total é obtida pela média ponderada da pontuação individual dos itens avaliados. O peso de cada item segue a tabela 2.12.

Tabela 2.12 – Pontuação individual dos itens avaliados na auditoria para certificação de argamassas intermediárias

Requisito	Peso do requisito
1. Sistemas da Qualidade	7
2. Responsabilidade direção	3
3. Gestão de Recursos	10
4. Matéria Prima	15
5. Controle Processo Produtivo	20
6. Controle do Produto Acabado	25
7. Assistência ao Cliente	5
8. Medição, análise e melhorias	15
TOTAL	100

A empresa que obtiver, no mínimo, média ponderada de 60 % de pontos da lista de verificação, e que não tenha não-conformidades em aberto, será considerada apta para o uso do selo da qualidade, dependendo do resultado dos ensaios.

Deverão ser realizadas auditorias de manutenção a cada seis meses. Se em uma auditoria de manutenção forem encontradas não-conformidades, será acordado com a empresa um prazo para a implementação de ações corretivas. Caso as não-conformidades não forem corrigidas o uso do selo deverá ser suspenso e a empresa somente poderá voltar a utilizar o selo no prazo mínimo de dois meses e após aprovação em nova auditoria.

2.6.2 Ensaios do produto

Para ser aprovado o produto deve atender aos limites especificados na norma inglesa BS 4721/81, enquanto não existirem normas nacionais ou procedimentos técnicos confiáveis.

A metodologia de ensaio segue as diretrizes da norma britânica BS 4551:parte 1:1998, sendo medido o teor de água para obtenção do índice de consistência padrão conforme determinado pela norma brasileira NBR 13276/95 (255 ± 10 mm) . Somente não são verificadas as resistências à compressão axial aos sete dias, em relação às especificações da norma britânica.

As características que deverão ser avaliadas, assim como seus limites, estão apresentadas na tabela 2.9.

2.6.3 Critérios de amostragem da argamassa intermediária

A amostragem é realizada por linha de produto por unidade fabril, sendo que a amostragem somente é realizada em produtos que possuam solicitação de selo ou atestado de qualidade vigente.

O tamanho da amostra deve conter no mínimo 12 litros, com retiradas aleatórias de representatividade do tipo de argamassa e período de amostragem.

Deverão ser coletadas prova e contra-prova; com a contra-prova de mesma quantidade e mesmo lote da amostra de prova.

Somente são coletadas amostras nas unidades fabris e devem ser realizadas por técnicos habilitados.

No período inicial, antes da concessão do selo, são necessárias duas amostragens consecutivas no fabricante para a avaliação da qualidade do produto. Durante este período, a frequência de amostragem para avaliação do tipo de argamassa pode ser quinzenal ou mensal. Esta opção é dada para a empresa que deve considerar na sua decisão os aspectos de custo e prazo desejado para obter o atestado.

No caso da amostra não ser aprovada no ensaio, a amostra contraprova deverá ser encaminhada ao laboratório, onde serão repetidos os ensaios necessários. Se houver nova reprovação, o selo não será concedido e a empresa poderá solicitar a reabertura do processo no período mínimo de 60 (sessenta) dias, a contar da data dos resultados dos ensaios.

A Empresa que tiver seu produto aprovado em duas amostragens consecutivas e tiver atingido a pontuação mínima na auditoria recebe a concessão para usar o selo da qualidade, para o produto aprovado.

A amostragem de manutenção do selo, da certificação, é realizada na empresa ou na obra e a sua frequência depende dos resultados da avaliação da qualidade do produto e do período de tempo em que o mesmo está qualificado. O espaçamento entre amostragens consecutivas tende a aumentar ao longo do tempo, dependendo dos resultados obtidos nos ensaios

anteriores. A frequência de ensaios para o período de manutenção pode ser vista na tabela 2.13.

Tabela 2.13 – Amostragens para obtenção e manutenção do selo de qualidade da argamassa intermediária

Mês	Ano		
	1	2	3
1		X	X
2	X		
3			
4	X		
5		X	
6	X		
7			X
8			
9	X	X	
10			
11			
12			
Total de amostragens	4	3	2

Caso o produto venha a ser reprovado em qualquer uma das amostragens, será ensaiada a respectiva amostra contra-prova. Se, a amostra contra-prova vier também a ser reprovada, deverá ser feita uma segunda amostragem no mês. Na eventualidade da amostra prova e contra-prova, desta amostragem extra, serem também reprovadas, a empresa deverá estabelecer ações corretivas para sanar a não-conformidade. Neste caso, o uso do selo será suspenso até que seja evidenciada a eficácia das ações implementadas, através de duas aprovações consecutivas em amostragens e da avaliação do sistema de gestão da qualidade através de uma auditoria extraordinária. A frequência de amostragem retorna ao estabelecido no primeiro ano.

2.7 Propriedades das argamassas mistas

2.7.1 Reconstituição de traço

A reconstituição do traço de uma argamassa pode ser realizada com o objetivo de se determinar, quantitativamente, a fração aglomerante e o agregado da mistura ou de se determinar, qualitativamente, os materiais empregados na confecção da argamassa. A avaliação quantitativa é muito empregada no controle de qualidade de argamassas, enquanto que a avaliação qualitativa é comumente empregada no reconhecimento dos materiais constituintes das argamassas.

Quarcioni (1998) apresenta uma metodologia para reconstituição de traços de argamassas desenvolvida no IPT (instituto de pesquisas tecnológicas de São Paulo), baseada no princípio de que a argamassa atacada com ácido clorídrico dá origem a duas frações distintas: solúvel e insolúvel. A fração insolúvel é constituída de agregados e a fração solúvel composta essencialmente de aglomerante. O método prevê as determinações quantitativas do agregado na forma de resíduo insolúvel e dos aglomerantes e na forma de seus íons principais e comuns solubilizados, através da análise química.

Internacionalmente, destaca-se a metodologia apresentada pela norma britânica BS 4551:Parte 2:1998 – *Methods of testing mortars, screeds and plasters – Part 2 – Chemical analysis and aggregate grading*, a qual indica que para a determinação do traço das argamassas não é necessário a análise química completa. Para argamassas de cal são indicadas determinações de umidade, cal livre e óxido de cálcio total e, a partir da cal livre e do teor de óxido de cal total, calcula-se o teor de cal presente na argamassa.

Além destes métodos, o Laboratório de Materiais de Construção Civil do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina tem utilizado os métodos de lavação com água e de lavação com ácido clorídrico para a determinação da proporção entre agregados e aglomerantes das argamassas intermediárias.

Motta et al (2002) apresentaram um trabalho para disciplina de tecnologia de argamassas, oferecida pelo Programa de Pós Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina, objetivando avaliar comparativamente as metodologias de lavação com água, lavação com ácido clorídrico e a proposta pela BS 4551:Parte 2:1998 para a reconstituição de traços de argamassas de intermediárias.

Neste trabalho foi utilizada cal hidratada dolomítica e areia de formação eólica, e os traços utilizados foram 1:4,5, 1:6 e 1:9, em volume de materiais descritos como são, comumente, utilizados por empresas da região de Florianópolis-SC, fornecedoras de argamassas intermediárias para confecção de argamassas mistas em obras.

Os resultados encontrados por Motta et al (2002) são apresentados nas tabelas 2.14, pertinentes aos métodos de lavação com água e lavação com ácido. O método da BS 4721/81 apresentou resultados muito dispersos dos esperados, por isso foi considerado pelas pesquisadoras que compartilharam do estudo de Motta como um método com muita variabilidade, provavelmente devido à quantidade da amostra ser muito pequena ($5 \pm 0,5$ g). Além de não ser representativa, a diferença entre o teor de agregado e o teor de aglomerante nas amostras, foi elevado. Ressalta-se, ainda, que devido à porcentagem de cal disponível ser determinada em função do volume de ácido consumido, e aqui a definição do volume de ácido consumido, baseado na verificação visual da alteração de cor da mistura, também não apresentou precisão na verificação do momento da mudança de cor e, conseqüentemente, o volume de ácido consumido variou muito entre amostras de mesma composição.

Tabela 2.14 - Resultados de teor de agregado das amostras e dados estatísticos para a argamassa de traço 1 : 10,27

	Método da Lavagem com Água	Método da Lavagem com Ácido Clorídrico
Amostra 1	11,13	9,28
Amostra 2	11,01	9,44
Amostra 3	10,48	9,26
Média	10,87	9,33
Desvio Padrão	0,35	0,10
Coeficiente de Variação	3%	1%
Diferença	0,60	-0,94

Tabela 2.15 - Resultados de teor de agregado das amostras e dados estatísticos para a argamassa de traço 1 : 13,70

	Método da Lavação com Água	Método da Lavação com Ácido Clorídrico
Amostra 1	14,45	12,23
Amostra 2	15,01	12,06
Amostra 3	14,38	12,29
Média	14,61	12,19
Desvio Padrão	0,35	0,12
Coefficiente de Variação	2%	1%
Diferença	0,91	-1,51

Tabela 2.16 - Resultados de teor de agregado das amostras e dados estatísticos para a argamassa de traço 1 : 20,55

	Método da Lavação com Água	Método da Lavação com Ácido Clorídrico
Amostra 1	24,40	17,39
Amostra 2	20,13	14,66
Amostra 3	19,66	15,86
Média	21,40	15,97
Desvio Padrão	2,61	1,37
Coefficiente de Variação	12%	9%
Diferença	0,85	-4,58

Nas conclusões, as autoras comentam que os métodos de lavação com água e com ácido são mais precisos que o prescrito pela norma britânica e que utilizam equipamentos simples e o procedimento é de fácil execução, facilitando os seus empregos.

Estes dados citados embasam um estudo comparativo de reconstituição de traço, mas ressalta-se que as empresas de argamassas intermediárias utilizam cal virgem, que podem interferir nos resultados finais dos traços devido ao processo de hidratação.

2.7.2 Retenção de água

Cincotto *et al.* (1995) definem a retenção de água como sendo a capacidade da argamassa fresca em manter sua consistência ou trabalhabilidade quando sujeita à solicitação que provocam perda de água, seja por evaporação, sucção ou absorção do material em contato com a argamassa.

As autoras deste estudo citam, ainda, os fatores que influenciam na capacidade de retenção de água das argamassas, como a área específica dos materiais constituintes e o número de íons ativos por unidade de superfície. Comentam que a maturação prévia de argamassas de cal, a natureza da cal, relação cal/cimento e a relação agregado/aglomerante no traço são fatores de suma importância na característica de retenção de água.

Silva *et al.* (2003) observaram uma maior capacidade de retenção de água em argamassas mistas dosadas a partir de argamassas intermediárias produzidas com areia de Canelinha (cava) em comparação com areia de depósito eólico, como também um aumento da retenção com maior teor de cal hidratada.

Sébaibi *et al.* (2002), variando as porcentagens e o tipo de cal em argamassas mistas de cimento, cal e areia, com o objetivo de avaliar a influência da cal na retenção de água destas argamassas, concluíram que a combinação da natureza da cal e sua morfologia influenciam na capacidade de retenção de água de uma argamassa.

A retenção de água é necessária nas argamassas mistas para garantir a hidratação do cimento, assim como a capacidade de retenção é importante já que a perda de água pode provocar queda nas resistências mecânicas, tanto quanto uma elevada retração por secagem e conseqüente fissuração.

2.7.3 Ar incorporado

Beningfield (1988) comenta que vários fatores afetam o teor de ar incorporado, tais como a consistência da argamassa, o tempo de mistura, a granulometria da areia, a temperatura ambiente e as dimensões das partículas da cal e do cimento.

Cavani *et al.* (1997) observaram em argamassas trabalháveis, que o teor de ar incorporado afeta a relação água/cimento e o índice de consistência padrão.

Calhau e Tristão (1999) comentam que, com o tempo, existe uma perda do teor de ar incorporado. Esta constatação foi feita ao se calcular as massas específicas das argamassas após os tempos de 30, 60, 90, 120 e 150 minutos e determinação do teor de ar pelo método gravimétrico.

2.7.4 Resistência de aderência à tração

Tristão (1995) conceitua aderência como a capacidade da argamassa de resistir às tensões ou esforços tangenciais à superfície de interface entre as camadas.

Para Sabbatini (1990) a aderência necessária varia com o tipo de revestimento, condições de exposição e desempenho esperado. A avaliação da resistência de aderência é realizada por ensaio de arrancamento por tração em corpos de prova que são cortados transversalmente no revestimento.

Silva et al. (2005) (*apud* SABATINNI (1979)), comenta que o mecanismo de aderência se desenvolve, principalmente, pela ancoragem da pasta aglomerante nos poros do substrato e pelo efeito de ancoragem mecânica da argamassa nas reentrâncias e saliências macroscópicas da superfície a ser revestida.

Segundo Cincotto *et al.* (1995), a aderência é influenciada pelas condições da base como a porosidade e absorção de água, resistência mecânica, textura superficial e pelas próprias condições de execução.

Carasek (1996), comenta que a aderência da argamassa endurecida ao substrato é um fenômeno essencialmente mecânico, devido, basicamente, à penetração da pasta aglomerante ou da própria argamassa nos poros entre as rugosidades da base de aplicação.

CAPÍTULO 3

ESTUDO EXPERIMENTAL

3.1 Generalidades

Este capítulo apresenta o projeto experimental, sendo subdividido em três partes. A primeira, mostra a caracterização dos materiais e ensaios para verificação do rendimento de duas cales virgens, ensaios de difratometria de raio-X e análise térmica diferencial, cujos resultados servirão de base para a segunda parte do trabalho. A segunda parte do trabalho trata da avaliação de dois métodos de ensaios de reconstituição de traço em argamassas intermediárias, método com ácido e de lavagem com água.

Já na terceira parte, foram compostas argamassas mistas nos traços 1:2:9 e 1:1:6 em volume de materiais secos, tendo como base argamassas intermediárias, sendo verificadas propriedades no estado fresco e endurecido.

3.2 Caracterização dos materiais

No estudo experimental, utilizou-se duas cales virgens de diferentes fabricantes, sendo uma de sacos de 20 kg e a outra retirada de “Big Bags”, oriundas da região metropolitana de Curitiba – PR.

Ressalta-se que as cales possuíam selo de qualidade de produto fornecido pela APPC (Associação Paranaense dos Produtores de cal) e são classificadas como CV-C (Cal virgem Comum) pela NBR 6453/2001.

Também foram utilizadas duas areias, uma oriunda de depósitos eólicos (Imbituba – SC) e outra de cava de rio (Canelinha).

As nomenclaturas usadas estão apresentadas abaixo:

- CS – Cal virgem – sacos de 20 kg;
- CB – Cal virgem – “Big Bags”;
- Ae – Areia de depósito eólico;

- Ac – Areia de cava.

Os resultados de caracterização das cales, bem como suas respectivas normas, estão descritos na tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Caracterização das cales virgens CS e CB (dados fornecidos pelos fabricantes)

Tipo de ensaios	Norma	Resultados	
		CS	CB
Finura (% retida)	NBR 9289/98	-	-
Peneira nº 18		0,0	0,5
Peneira nº 50		11,2	19,4
Perda ao fogo (%)	NBR 6453/88	4,6	2,2
R.I. (%)		3,6	6,1
CaO (%)		55,1	56,1
MgO (%)		36,1	35,6
CaO + MgO não voláteis (%)		95,6	93,8
Água combinada (%)		3,0	1,6
CO ₂ (%)		1,6	0,6
Resíduo de extinção (%)		0,62	0,84

A tabela 3.2 mostra os dados do ensaio de temperatura de extinção das cales, segundo a NBR 10791/89. Já a figura 3.1 mostra a evolução da temperatura em relação ao tempo de extinção.

Tabela 3.2 – Temperaturas de extinção das cales virgens

Cal virgem	Temperatura de extinção (°C)	Tempo de extinção (minutos)
CS	45,5	12
CB	45,5	6

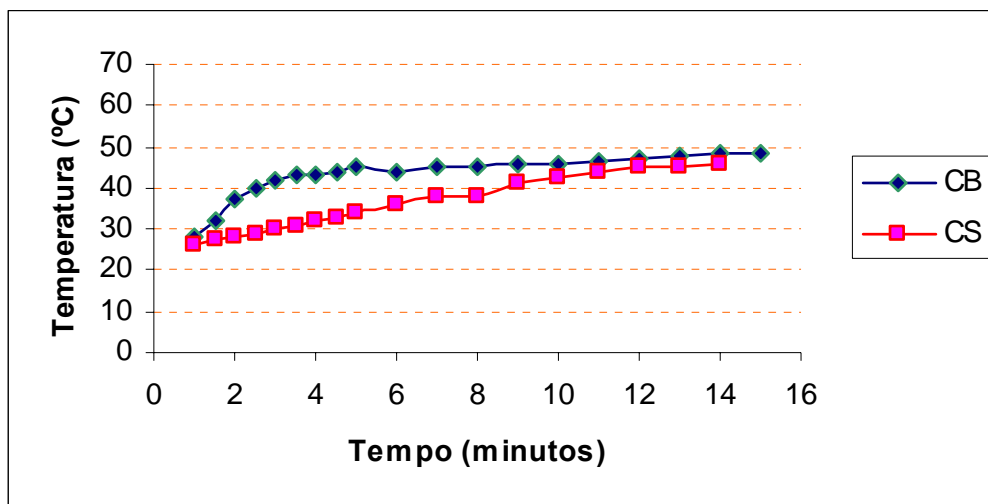


Figura 3.1 – Evolução da temperatura de extinção em relação ao tempo

A tabela 3.3 traz os resultados de caracterização das areias.

Tabela 3.3 – Caracterização das areias Ae e Ac

Tipo de Ensaio	Método	Resultados		
Composição Granulométrica	-	Peneiras	%retida Acumulada	
			Ae	Ac
		4,8	-	-
		2,4	-	-
		1,2	-	0,85
		0,6	-	20,65
		0,3	0,7	55,06
		0,15	35,6	83,80
		Fundo	100	100
Massa unitária	Correlação		1,58 g/cm ³	1,33 g/cm ³
Material pulverulento	NBR 7219/87		0,05 %	5%
Módulo de Finura	-		0,36	1.61
Matéria orgânica	NBR 7220/87		<300 ppm	<300 ppm

Para a determinação da composição granulométrica foi utilizada a metodologia descrita por Tristão et al. (2004). As areias eram peneiradas antes do teste de 1 minuto e o tamanho das amostras era diferente em relação ao que prescreve a NBR 7217/87.

Em relação à granulometria das areias, ressalta-se que não atendem aos limites da NBR 7211/05, mas a areia Ac se enquadra nos limites do tipo B da BS 1199/76.

O cimento adotado foi do tipo CP II-Z-32 e suas características são apresentadas na tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Caracterização do cimento (Dados fornecidos pelo fabricante)

Ensaio Físicos					
Item de controle	Unid.	Média	Desvio	Mínimo	Máximo
Material retido # 200 (mesh)	%	1,71	0,30	1,30	2,20
Material retido # 325 (mesh)	%	10,87	1,08	9,00	13,10
Blaine	Cm ² /g	3650	194	3380	4000
Água de consistência	%	28,79	0,08	28,70	28,90
Início de pega	Horas	04:47	00:24	04:05	05:20
Fim de pega	Horas	05:58	00:24	05:15	06:30
Expansibilidade a quente	Mm	0,14	0,13	0,00	1,50
Resistência R3	MPa	23,99	0,76	22,60	25,30
Resistência R7	MPa	28,87	0,91	27,60	30,50
Resistência R28	MPa	37,34	1,18	35,30	39,00
Ensaio Químicos					
Perda ao fogo	%	5,17	0,40	4,54	5,89
SiO ₂	%	22,29	0,42	20,99	22,97
Al ₂ O ₃	%	7,07	0,21	6,61	7,45
Fe ₂ O ₃	%	3,08	0,08	2,90	3,19
Cão	%	52,48	0,71	51,48	54,05
MgO	%	5,58	0,11	5,41	5,73
K ₂ O	%	1,11	0,04	0,99	1,16
Na ₂ O	%	0,19	0,01	0,18	0,20
SO ₃	%	3,25	0,17	3,08	3,63
Resíduo insolúvel	%	11,94	0,96	9,45	13,91
CO ₂	%	4,13	0,31	3,50	4,56

Para determinar as massas unitárias dos materiais foi utilizada uma correlação entre os métodos de ensaios das normas NBR 7251/82 e ASTM C 1252/93. A adoção da correlação se deu pela necessidade do conhecimento da massa unitária da cal hidratada. Como no trabalho

foram utilizadas cales virgens, existia a necessidade de extinguir grande quantidade destas, seguido de destorroamento e peneiramento do material resultante para obtenção de material suficiente para realização do ensaio pela norma brasileira. Por esta razão e considerando que para o ensaio da norma norte-americana é necessária uma quantidade de 190 g de material, optou-se por fazer uma correlação entre as duas normas para desenvolver o estudo experimental utilizando apenas a norma norte-americana.

Assim, foram utilizados os métodos das duas normas para ensaiar cimento, areias e cales hidratadas. O gráfico de correlação obtido é mostrado na figura 3.2.

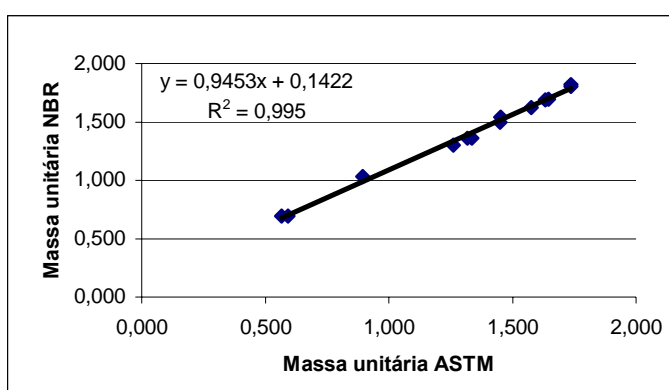


Figura 3.2 – Correlação entre os métodos NBR 7251/82 e ASTM C 1252/93

De posse desta correlação, todos os materiais utilizados no estudo experimental para igualar método de ensaio, foram ensaiados pelo método da ASTM C 1252/93. Posteriormente, através da equação acima foi possível determinar os valores que seriam obtidos com o uso da norma brasileira.

Nas cales hidratadas, para o conhecimento de suas massas unitárias, foi necessária a extinção das cales virgens e posterior secagem em estufa ($105 \pm 10^\circ\text{C}$) até constância de massa. Após secas, apresentavam forma endurecida que tornou necessário o destorroamento com pistilo e mão de gral. Com as cales em pó foi realizado um peneiramento nas peneiras de abertura 0,6 mm e 0,15 mm, para atender a NBR 7175/92.

Ressalta-se que as cales utilizadas para obtenção das massas unitárias foram aproveitadas da verificação do rendimento das cales comentado, a seguir.

3.3 Rendimento das cales virgens

Nesta parte do trabalho objetivou-se o conhecimento da massa de cal hidratada formada a partir de uma conhecida massa de cal virgem. As cales foram extintas variando-se a proporção de cal virgem e água, já que são encontradas diferenças nessa proporção nas empresas fabricantes de argamassas intermediárias. Ao mesmo tempo analisou-se a possibilidade de ocorrência de aumento de massa ao longo do tempo de maturação. Esta avaliação foi feita entre as idades de 1 e 7 dias, pois 7 dias é considerado o tempo máximo de estocagem das argamassas pelos fabricantes.

Para isso, trabalhou-se com uma quantidade definida de 200 g de cal virgem para todos os casos, variando-se somente a quantidade de água. Na extinção das cales virgens originavam-se os chamados “leites de cal” para os quais foram adotadas as seguintes nomenclaturas:

- CS – Cal virgem de embalagens plásticas;
- CB – Cal virgem de Big Bags ;
- 1:2– Proporção de extinção (cal virgem:água) 1:2 em massa;
- 1:3 – Proporção de extinção (cal virgem:água) 1:3 em massa;
- 1:4 – Proporção de extinção (cal virgem:água) 1:4 em massa;
- 1 – 1 dia de maturação;
- 7 – 7 dias de maturação;

Assim foram formados oito leites de cal, definidos abaixo:

- CS1:2-1 – Cal virgem de embalagens plásticas; proporção de extinção 1:2; 1 dia de maturação;
- CS1:3-1 – Cal virgem de embalagens plásticas; proporção de extinção 1:3; 1 dia de maturação;
- CS1:4-1 – Cal virgem de embalagens plásticas; proporção de extinção 1:4; 1 dia de maturação;

- CS1:2-7 – Cal virgem de embalagens plásticas; proporção de extinção 1:2; 7 dias de maturação;
- CB1:2-1 – Cal virgem de Big Bags; proporção de extinção 1:2; 1 dia de maturação;
- CB1:3-1 – Cal virgem de Big Bags; proporção de extinção 1:3; 1 dia de maturação;
- CB1:4-1 – Cal virgem de Big Bags; proporção de extinção 1:4; 1 dia de maturação;
- CB1:3-7 – Cal virgem de Big Bags; proporção de extinção 1:3; 7 dias de maturação;

O processo de extinção se deu em “beckers” de vidro de 1000 ml. A homogeneização da cal virgem em pó com água foi realizada com auxílio de um agitador mecânico conforme figura 3.3, reproduzindo, em escala reduzida, o sistema utilizado para a extinção de cal virgem nas empresas fabricantes de argamassas intermediárias.



Figura 3.3 – Sistema de extinção das cales virgens para verificação de seus rendimentos

A metodologia adotada para o processo de homogeneização é apresentada abaixo:

1. Pesagem dos frascos individualmente.
2. Pesagem dos constituintes (Cal virgem e água).
3. Adicionar a água no becker.
4. Posicionar o frasco contendo água centralizando a haste do agitador.
5. Ligar o agitador em velocidade constante.
6. Adicionar aos poucos a quantidade de cal virgem (200 g).
7. Após a adição da cal virgem, ligar o cronômetro.

8. Homogeneizar por 30 minutos.
9. Terminada a homogeneização, retirar o excesso de cal da haste do agitador.
10. Levar frasco para maturação.

O tempo de 30 minutos foi estipulado porque a maioria das empresas fabricantes de argamassas intermediárias utilizam este tempo como padrão.

Ao obter-se o leite de cal, cada frasco era identificado e levado para ambiente hermeticamente fechado e armazenado em sala climatizada ($23 \pm 3^{\circ}\text{C}$) para o período de maturação. Cabe ressaltar que tanto a extinção quanto a maturação foram realizadas no mesmo frasco para evitar perdas.

Passado o período de maturação para cada leite de cal, os frascos eram levados para estufa ($105 \pm 5^{\circ}\text{C}$) até constância de massa, verificada através de sucessivas pesagens dos frascos a cada duas horas.

A quantidade de cal hidratada resultante foi verificada através da equação 3.1. Cada leite de cal era produzido em cinco frascos, sendo quatro utilizados para o processo de rendimento e um para uma lavação em peneira de abertura 0,075 mm (200) para verificação da quantidade de resíduo.

$$QCH(g) = (MF + MCH) - MF \quad (3.1)$$

Onde:

QCH – Quantidade de cal hidratada formada;

MF – Massa do frasco;

MCH – Massa de cal hidratada formada;

Nas amostras CS1:2-1, CS1:4-1; CB1:2-1 e CB1:3-7, além da verificação da quantidade de massa de cal hidratada formada, foi executada uma lavação do leite de cal na peneira de abertura de malha 0,075 mm (200), objetivando conhecer a quantidade de material retido, chamado de resíduo de extinção, pois os ensaios de reconstituição de traço necessitam destes valores, como também do conhecimento de sua composição mineralógica. O processo de lavação constou de lavar o leite pela peneira com água em abundância até que a água passante

ficasse incolor, admitindo que toda cal hidratada tenha passado ficando retida somente a fração insolúvel.

Após esta verificação, o material retido foi transportado e colocado em estufa ($105 \pm 5^\circ\text{C}$) por 24 horas e depois pesado para determinar a massa de material retido na peneira.

3.4 Análise térmica

Foram utilizadas caracterizações termogravimétricas e análise das transformações energéticas através das técnicas de TG e DTA para identificar e quantificar os hidróxidos e carbonatos presentes nas cales avaliadas neste trabalho.

Os ensaios foram realizados na seção termo-analítica do laboratório de Análises Termofísicas, adjunto ao Laboratório de Materiais – UFSC. O modelo NETZSCH STA 409 C (Simultaneous Thermal Analyzer) foi usado para a caracterização da variação da massa da amostra (TG) e transformações energéticas (DTA).

Através da análise termogravimétrica, determina-se as variações de massa de uma amostra durante o aquecimento do interior de um forno dotado de uma termo-balança, permitindo a pesagem contínua da amostra.

Os resultados do ensaio permitem o traçado de um gráfico relacionando a variação da massa da amostra com o tempo ou temperatura. A partir da curva gerada (TG) pode-se determinar a sua primeira derivada em relação à temperatura (DTG), determinando as temperaturas iniciais e finais das reações.

Paralelamente a este ensaio, realizou-se o ensaio de análise térmica diferencial (DTA), no qual o aquecimento do forno causa fenômenos químicos e físicos, podendo ser endotérmicos ou exotérmicos, causando a variação da temperatura da amostra. Ao aparecer estes fenômenos ocorrem deflexões em sentidos opostos à curva DTA. Este ensaio pode ser utilizado para determinar as substâncias presentes na amostra e formato dos picos endotérmicos e/ou exotérmicos.

Foram ensaiadas as amostras apresentadas abaixo:

- CS;
- CB;
- CB1:2-1;
- CB1:4-1;
- CS1:3-1;
- RCS1:2-1;
- RCB1:2-1;

Sendo, RCS1:2-1 e RCB1:2-1 os resíduos dos leites CS1:2-1 e CB1:2-1.

Para a execução dos ensaios as amostras utilizadas foram destorroadas com almofariz e mão de gral e peneiradas. Após, recolhia-se aproximadamente 20 g de material passante na peneira de abertura 0,075 mm (200). Estas amostras foram armazenadas em dessecador à vácuo com sílica gel como corpo de chão, objetivando a não carbonatação da amostra, sendo retiradas horas antes da execução dos ensaios.

Os ensaios foram realizados com fluxo de N_2 (fluxo de gás 40 ml/min) com evacuação prévia do sistema. As amostras foram submetidas a um programa controlado de temperatura, no qual foram aquecidas da temperatura ambiente até 1100°C com taxa de aquecimento de 10 K/min. Um cadinho de Al_2O_3 foi empregado na condução dos ensaios, sendo utilizado como referência um cadinho vazio.

As curvas geradas nos ensaios de DTA, TG e DTG foram analisadas com auxílio do programa computacional *Netzsch STA 409EP versão 3.0*. Como base, para a caracterização das curvas, foram utilizados os dados contidos na tabela 3.5, que mostra as faixas de temperaturas em que as principais fases presentes nas amostras sofrem transformações químicas e físicas.

Tabela 3.5 – Temperaturas em que ocorrem transformações químicas e físicas nas cales (Silva, 2001).

Fase / espécie	Reação	Temperatura °C
Desidratação do Ca(OH)_2	$\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$ Endotérmico	425 a 550
Decomposição do CaCO_3	$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ Endotérmico	700 a 900
Desidratação do Mg(OH)_2	$\text{Mg(OH)}_2 \rightarrow \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}$ Endotérmico	350 a 420
Decomposição do MgCO_3	$\text{MgCO}_3 \rightarrow \text{MgO} + \text{CO}_2$ Endotérmico	450 a 520

Através das perdas de massa ocorridas, registradas pela curva TG, foi possível quantificar os componentes, hidróxido de cálcio (CH), hidróxido de magnésio (MH) e do carbonato de cálcio (CC) utilizando as equações 3.2, 3.3 e 3.4.

$$CH(\%) = PMCH(\%) \times \frac{MMCH}{MMH_2O}, \quad (3.2)$$

$$MH(\%) = PMMH(\%) \times \frac{MMMh}{MMH_2O}, \quad (3.3)$$

$$CC(\%) = PMCC(\%) \times \frac{MMCC}{MMCO_2}, \quad (3.4)$$

Sendo:

$PMCH(\%)$, $PMMH(\%)$ e $PMCC(\%)$, respectivamente, as perdas de massa correspondentes às decomposições do hidróxido de cálcio, do hidróxido de magnésio e da calcita (expressas em % em relação à massa da amostra calcinada até 950°C);

$MMCH$ é a massa molar do hidróxido de cálcio, que vale 74,1 g/mol;

$MMMh$ é a massa molar do hidróxido de magnésio, que vale 58,31 g/mol;

$MMCC$ é a massa molar do carbonato de cálcio, que vale 100,1 g/mol;

MMH_2O é a massa molar da água, que vale 18 g/mol;

$MMCO_2$ é a massa molar do dióxido de carbono, que vale 44 g/mol.

3.5 Difração de raios-X

O ensaio de difração de raios-X, segundo Silva (2001) apud Souza Santos (1989), consiste basicamente na incidência de um feixe de raios-X monocromático na amostra estudada.

Os sucessivos planos atômicos das diversas células unitárias, que compõe a estrutura cristalina das fases presentes na amostra, produzem um efeito de raios-X em várias direções. Devido às interações entre as ondas da radiação de raios-X, produzidas pelas células unitárias, aparece um feixe refratado de raios-X nas direções em que o efeito das células vizinhas provocam entre si uma interferência construtiva completa, sendo essas direções representadas por picos nos diagramas de difração.

Com os resultados do ensaio de difração de raios-X, se obtém um diagrama registrado em um eixo cartesiano, onde nas ordenadas encontra-se a intensidade do raio-X difratado e na abscissa encontra-se o valor de 2θ . A posição dos picos do diagrama, gerados, são relacionados aos espaçamentos interplanares (d).

Na identificação das fases cristalinas é utilizada a lei de Bragg:

$$2d \sin \theta = n\lambda$$

sendo:

d = espaçamento interplanar;

θ = ângulo de difração (ângulo formado pelo plano atômico e os feixes incidente e refletido);

n = número inteiro de ondas;

λ = comprimento de onda da radiação incidente.

Determina-se o ângulo θ durante a análise e com o comprimento de onda já conhecido, pode-se determinar o valor de d permitindo assim a identificação das fases cristalinas presentes.

Os ensaios, objetivando uma análise qualitativa, foram realizadas pelo equipamento Philips X'Pert, do Laboratório de Materiais da UFSC, com radiação $CuK\alpha$ ($\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$), filtro de

níquel instalada na ótica secundária, potência de 40 KV e 30 mA, fenda de divergência de 1° e fenda de recebimento de 0,1 mm.

As amostras ensaiadas foram preparadas, igualmente, como descrito no item 3.4 análise térmica.

Para o ensaio utilizou-se uma varredura completa com passo 0,02 ° a cada 5 segundo. Os valores dos espaçamentos interplanares (d) utilizados na identificação das substâncias contidas nas amostras estão apresentadas na tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Principais distâncias interplanares utilizadas para caracterização da composição mineralógica das cales (BARTHELMY, 2000)

SUBSTÂNCIA	DISTÂNCIA INTERPLANAR (d)/ INTENSIDADE DOS PICOS		
	1°	2°	3°
CaCO ₃ (Calcita)	3,04 (1)	2,29 (0,18)	2,10 (0,18)
MgCO ₃	2,74 (1)	2,10 (0,45)	1,70 (0,35)
CaO	2,41 (1)	1,70 (0,45)	2,78 (0,34)
MgO	2,11 (1)	1,49 (0,52)	1,22 (0,12)
CaMg(CO ₃) ₂	2,89 (1)	2,19 (0,50)	1,79 (0,60)
SiO ₂	3,34 (1)	4,26 (0,22)	1,82 (0,14)
Ca(OH) ₂	2,63 (1)	4,9 (0,74)	1,93 (0,42)
Mg(OH) ₂	2,37 (1)	4,77 (0,90)	1,79 (0,55)

3.6 Reconstituição de Traço

Reconstituir o traço de uma argamassa objetiva determinar, quantitativamente, a fração aglomerante e agregado da mistura como também, pode ser utilizada uma análise qualitativa para determinar quais materiais foram empregados na argamassa.

No Laboratório de Materiais de Construção Civil da Universidade Federal de Santa Catarina são utilizados dois métodos, lavação com água e lavação com ácido, para determinar quantitativamente a proporção de cal hidratada e areia nas argamassas intermediárias. Assim, o presente estudo objetivou avaliar estes métodos de reconstituição para serem empregados em argamassas intermediárias.

No método com água consta de lavar-se uma determinada quantidade seca de argamassa, utilizando uma peneira de abertura de malha 0,075mm (200), até que a água passante não contenha cal, verificada pela coloração da água. A parte não passante pela malha da peneira é depositada em um recipiente e seca em estufa.

O material retido é considerado como agregado, ressaltando que as análises de difração de raios-X complementam este estudo, onde apresenta a composição mineralógica das cales hidratadas.

Para determinar a massa da amostra, foi realizado um estudo preliminar, que constou da coleta de uma argamassa produzida por uma empresa e após foram realizadas reconstituições variando a massa da amostra. Foram utilizadas massas de 500 g, 250 g, 100 g e 50 g. Através deste estudo verificou-se que não ocorreu variação nos resultados quando modificada a massa da amostra ensaiada. Optou-se por 100 g de argamassa seca para facilitar o ensaio, pois se observou que com a maior quantidade de argamassa intermediária ocorria o trancamento da malha da peneira, retardando a finalização do ensaio.

No processo de lavagem existe a perda de material pulverulento da areia. Assim, após os resultados, foi necessária uma correção efetuada matematicamente, utilizando os seguintes critérios:

a) determinação da quantidade de material pulverulento na amostra.

Foi determinada através de regra de três simples, apresentada pela equação 3.5.

$$MP = (mp \times k) \div (100 - mp) \quad (3.5)$$

onde:

MP = Quantidade de material pulverulento na amostra em gramas (g);

mp = Teor de material pulverulento na amostra (%)

k = Massa de material seco após lavagem em gramas (g);

Assim encontra-se a massa seca de material pulverulento contida na amostra ensaiada.

De posse deste resultado foi possível encontrar a quantidade de areia na amostra, conforme a equação 3.6.

$$A = (MP + k) \quad (3.6)$$

onde:

A = Quantidade de areia total na amostra em gramas.

Para encontrar a quantidade de cal hidratada foi utilizada a equação 3,7.

$$CH = (M - A) \quad (3.7)$$

sendo:

CH = Quantidade de cal hidratada na amostra em gramas (g);

M = A massa total (g) ensaiada.

Logo, os resultados foram encontrados realizando cálculo, constando a porcentagem de cal hidratada encontrada, assim como uma relação aglomerante/agregado de cada argamassa.

No método de reconstituição utilizando a lavagem com ácido, a argamassa intermediária foi atacada com ácido clorídrico (concentração de 37 %) para neutralizar o pH da mistura, deixando a amostra em repouso por 24 horas. Após lavou-se em peneira de abertura de malha 0,075 mm (200), para a retirada do ácido, e o material retido foi seco em estufa ($105 \pm 5^\circ\text{C}$) por 24 horas.

Considerou-se a parte reagente pelo ácido como material aglomerante (cal hidratada) e o material retido como agregado. Como a metodologia de ensaio também utiliza a lavagem da amostra, foi necessário utilizar as correções descritas para o ensaio de reconstituição pela lavagem com água e os resultados foram obtidos da mesma forma já descrita.

Relacionando a massa da amostra, foram utilizados 100 g de material seco para igualar os dois ensaios. Esta é também a quantidade de material que o Laboratório de Materiais de Construção Civil utiliza para a realização do ensaio.

Ressalta-se que as areias foram submetidas a um ataque com ácido sem a presença de cal objetivando determinar uma possível perda de massa, mas não foi verificada reação de decomposição e após a lavagem pela peneira 200 e posterior secagem observou-se que, significativamente, somente a parte pulverulenta foi perdida, ocasionada pela lavagem para a retirada do ácido.

Para este estudo prático, foram produzidas 6 argamassas intermediárias, cujas composições finais são apresentadas na tabela 3.7.

Tabela 3.7 – Composição das argamassas intermediárias especificadas nos ensaios de reconstituição de traço

Argamassa	Composição		Traço (volume)	Traço (massa)
	Areia	Cal Virgem	Cal hidratada:Areia (volume)	Cal hidratada:Areia (massa)
AeCS1:4	Ae	CS	1:4	1:11,07
AcCB1:4	Ac	CB	1:4	1:8,75
AeCB1:6	Ae	CB	1:6	1:15,57
AcCS1:6	Ac	CS	1:6	1:14
AcCB1:9	Ac	CB	1:9	1:19,7
AeCS1:9	Ae	CS	1:9	1:24,9

Para obtenção das argamassas intermediárias mostradas na tabela 3.7 foram utilizadas as proporções de cal virgem por areia mostradas na tabela 3.8, tomadas a partir dos dados de rendimento das cales já descritos.

Tabela 3.8 – Composição das argamassas intermediárias usadas nos ensaios de reconstituição de traço

Argamassa	Composição		Cal virgem (g)	Areia (g)
	Areia	Cal Virgem		
AeCS1:4	Ae	CS	156	2237
AcCB1:4	Ac	CB	283	3130
AeCB1:6	Ae	CB	158	3113,4
AcCS1:6	Ac	CS	154	2801,4
AcCB1:9	Ac	CB	132	3283
AeCS1:9	Ae	CS	120	3813

Para extinção da cal virgem e posterior mistura do leite de cal com areia, utilizou-se argamassadeira planetária em velocidade baixa (NBR 7215/96).

A quantidade de água usada nas argamassas intermediárias foi padronizada em um teor aproximado de 16% em relação à massa total de argamassa. A relação de extinção cal virgem:água foi padronizada em 1:3, sendo que, em determinados casos foi necessário o umedecimento das areias para alcançar o teor de 16 % . A adoção do teor de água referido se deve pela avaliação das argamassas utilizadas no estudo para determinação do tamanho da amostra que apresentaram este teor.

Na tabela 3.9 são mostradas as argamassas e a quantidade de água adicionada para padronização do teor de água em aproximadamente 16 %.

Tabela 3.9– Quantidade de água para obtenção do teor próximo de 16 %

Argamassa	Quantidade de água (g)	Teor de água na argamassa (%)
AeCS1:4	-	16,33
AcCB1:4	-	16
AeCB1:6	150	16,02
AcCS1:6	100	15,92
AcCB1:9	250	15,91
AeCS1:9	390	16,02

A metodologia adotada para mistura dos materiais está descrita abaixo:

- pesagem dos constituintes (água:cal virgem:areia);
- extinção da cal virgem na cuba da argamassadeira por 30 minutos;
- adição da areia;
- homogeneização por 3 + 1 minuto;
- retirada da argamassa intermediária da cuba e acondicionamento em ambiente hermeticamente fechado e sala climatizada ($23 \pm 3^{\circ}\text{C}$).

Cada argamassa intermediária foi ensaiada pelos dois métodos de reconstituição descritos, nas idades de um e sete dias.

3.7 Produção de Argamassas mistas a partir de Argamassas Intermediárias

Foram produzidas seis argamassas mistas para avaliar propriedades, no estado fresco e endurecido. Os traços adotados são utilizados para revestimentos internos e externos de edificações, sendo em volume de materiais secos: 1:2:9 e 1:1:6 (cimento: cal hidratada:areia). Para maior confiabilidade dos resultados os traços foram transformados em massa através de suas respectivas massas unitárias.

Ressalta-se que através do estudo de rendimento das cales virgem foi possível correlacionar a quantidade de cal virgem extinta com a quantidade de cal hidratada formada.

Para a extinção das cales virgens foi utilizada a proporção adotada anteriormente, 1:3 (cal virgem:água), como também o tempo de extinção de 30 minutos. A diferença de procedimento foi apenas no uso de um misturador de eixo vertical, como equipamento para homogeneização.

Através do estudo de reconstituição de traço percebeu-se que o teor de água especificado para as argamassas intermediárias ficava um pouco abaixo das argamassas produzidas por fabricantes. Optou-se, então, por aumentar este teor para aproximadamente 18 %, teor mais próximo do encontrado nas empresas fabricantes de argamassas intermediárias.

Na tabela 3.10 são apresentadas as proporções e os materiais utilizados para a formação das argamassas intermediárias.

Tabela 3.10 – Composição das argamassas intermediárias

Código Argamassa	Materiais		Quantidades (kg)		
	Areia	Cal virgem	Areia	Cal virgem	Água
AeCS1:2:9	Ae	CS	31,28	1,92	5,77
AcCS1:2:9	Ac	CS	26,33	1,92	5,77
AcCB1:2:9	Ac	CB	26,33	2,12	6,35
AeCS1:1:6	Ae	CS	30,34	1,40	4,20
AcCS1:1:6	Ac	CS	25,54	1,40	4,20
AcCB1:1:6	Ac	CB	25,54	1,54	4,62

Ressalta-se que, para obter o teor de água especificado, as areias foram umedecidas antes da mistura com o leite de cal, a tabela 3.11 apresenta as quantidades de água utilizada para cada argamassa.

Tabela 3.11 – Quantidade de água adicionada à areia para obtenção do teor de aproximadamente 18% de água na argamassa intermediária

Código Argamassa	Quantidade de água (kg) para Obtenção do teor de aproximadamente 18 %
AeCS1:2:9	1,55
AcCS1:2:9	0,5
AcCB1:2:9	0
AeCS1:1:6	2,85
AcCS1:1:6	1,95
AcCB1:1:6	2,55

Na tabela 3.12 é apresentada a quantidade de cimento relativa adicionado em cada argamassa intermediária para obtenção dos traços desejados.

Tabela 3.12 – Quantidade de cimento adicionada a cada argamassa intermediária

Código Argamassa	Traço em volume	Quantidade de cimento adicionado (kg)
	Cimento:cal hidratada:areia	
AeCS1:2:9	1:2:9	2,22
AcCS1:2:9	1:2:9	2,22
AcCB1:2:9	1:2:9	2,22
AeCS1:1:6	1:1:6	3,23
AcCS1:1:6	1:1:6	3,23
AcCB1:1:6	1:1:6	3,23

Para a produção das argamassas mistas utilizou-se argamassadeira planetária com capacidade de 35 litros. O cimento foi adicionado às argamassas intermediárias após 24 horas de sua fabricação. O tempo de mistura para homogeneização dos materiais foi de 2 minutos, sendo adicionada água aos poucos até a obtenção do índice de consistência padrão estipulado (255 ± 10 mm). Encontrado este índice, iniciavam-se os ensaios no estado fresco, como também a moldagem de corpos-de-prova para ensaios no estado endurecido.

3.7.1 Ensaios realizados

3.7.1.1 Estado fresco

Na tabela 3.13 são apresentados os ensaios realizados no estado fresco das argamassas mistas, assim como, seus métodos de ensaios.

Tabela 3.13 – Ensaios no estado fresco

Ensaio	Método
Índice de Consistência Padrão	NBR 13276/95
Retenção de água	BS 4551
Massa específica – Teor de ar	BS 4551

No ensaio para determinação do teor de água para o índice de consistência padrão foi utilizado o valor da consistência prescrito pela NBR 13276/95 (255 ± 10 mm).

Para o cálculo das porcentagens dos teores de ar nas argamassas determinou-se as massas específicas do cimento e das argamassas intermediárias segundo a NM 23, ou seja, após a

produção e maturação das argamassas intermediárias, foram retiradas pequenas quantidades de cada, sendo secas, destorroadas e determinadas suas massas específicas.

3.7.1.2 Estado endurecido

No estado endurecido foram realizados os ensaios descritos na tabela 3.14.

Tabela 3.14 – Ensaios no estado endurecido

Ensaio	Método
Resistência à compressão axial	BS 4551/98 – Parte 1
Resistência de aderência à tração	NBR 13528/95

Os corpos de prova foram curados no primeiro dia, dentro dos moldes, em sala climatizada (23 ± 2) °C, sendo após, desmoldados e levados a câmara úmida até a data de ensaio (28 dias).

Para a execução do ensaio de resistência de aderência à tração foram confeccionadas paredes de 50 x 50 cm em blocos cerâmicos. Cada parede foi chapiscada no traço 1:3 em volume (cimento:areia média úmida). A aplicação da argamassa foi efetuada por pedreiro experiente, tendo espessura de aproximadamente 2,5 cm.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

4.1 Generalidades

Primeiramente são demonstrados os resultados pertinentes às propriedades das cales, após, os resultados dos ensaios de reconstituição de traço e, por fim, resultados das propriedades das argamassas mistas.

No anexo I encontra-se uma tabela com todas as propriedades das argamassas mistas (estado fresco e endurecido) para melhor interpretação dos resultados.

Utilizou-se ferramentas estatísticas para análise dos resultados, com grau de significância de 95%. Devido ao tamanho de determinadas tabelas, estas são apresentadas como anexo, identificadas em cada item apresentado.

4.2 Verificação do rendimento das cales virgens

O processo de verificação do rendimento em massa das cales virgens foi feito conforme descrito no item 3.3. Foram tomadas amostras iniciais de 200 g para a extinção.

Nos anexos A são apresentados os resultados encontrados de rendimentos em massa. As figuras 4.1 e 4.2 demonstram de forma resumida os resultados encontrados em massa e porcentagem respectivamente.

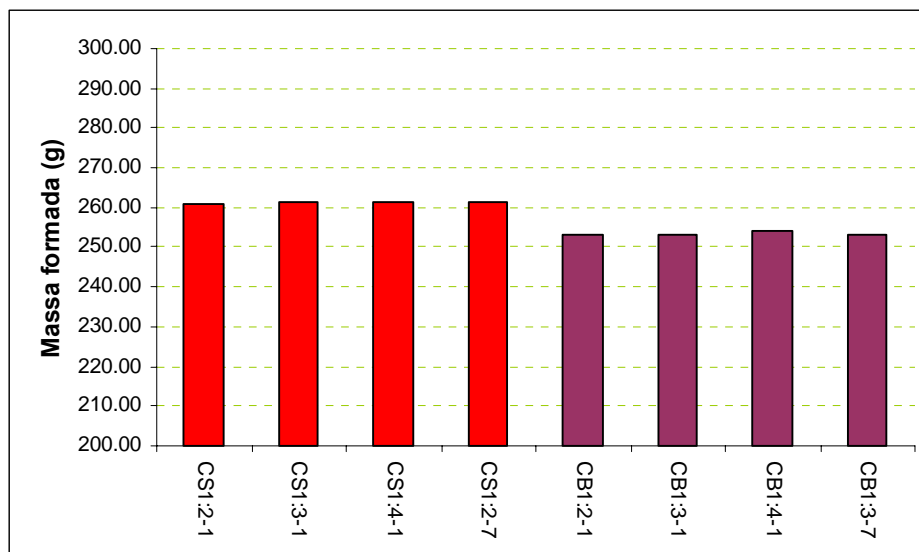


Figura 4.1 – Rendimento das cales em massa

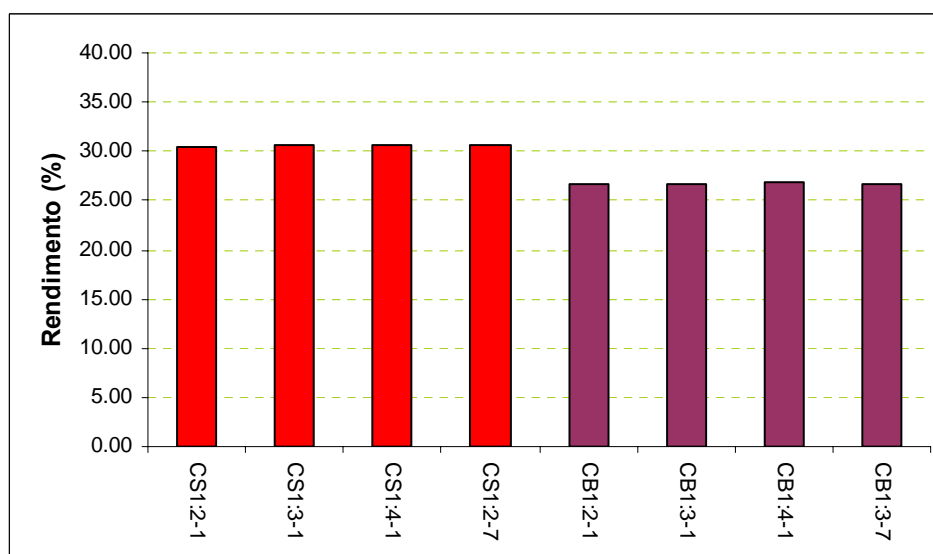


Figura 4.2 – Rendimento das cales (%)

Pode-se observar através da comparação de múltiplas médias que existiu diferença significativa de rendimento entre as cales CS e CB. Também foi verificado que não existiu diferença significativa no rendimento, quando houve variação da quantidade de água para hidratação, nas três proporções utilizadas: 1:2, 1:3 e 1:4 (cal virgem:água, em massa). Também não se observou diferença de rendimento das cales quando se variou o tempo de maturação de um dia para sete dias.

A figura 4.3 mostra a porcentagem de resíduo retido na peneira # 200, quando lavadas as cales CS1:2-1, CS1:4-1, CB1:2-1, CB1:3-7.

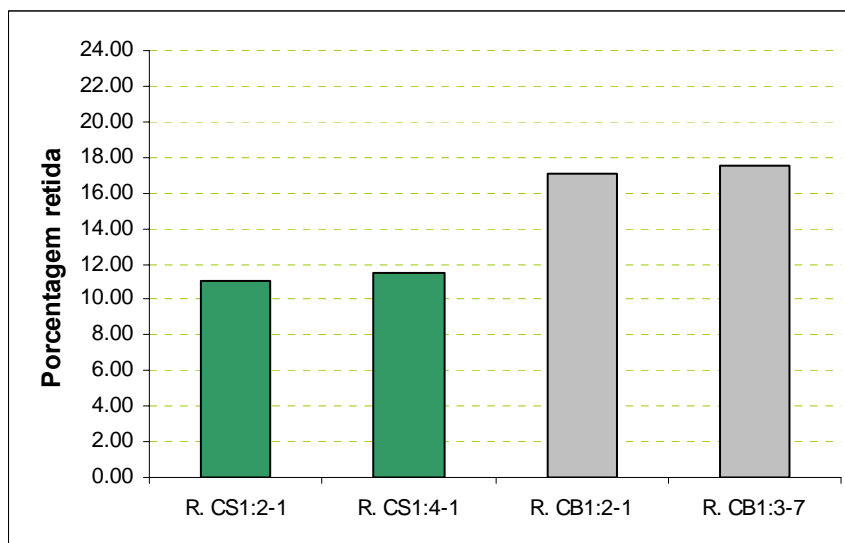


Figura 4.3 – Porcentagem de resíduo retido na peneira # 200 em relação à massa de cal virgem extinta

Assim como no rendimento, a quantidade de resíduo retido na peneira # 200 difere significativamente somente entre as cales virgens usadas, independente das proporções de extinção estudadas.

A diferença referente à quantidade de resíduo encontrado entre as cales, pode ser justificado pelas quantidades iniciais de resíduos, nas quais a cal CB possuía maior quantidade e, diferença granulométrica das cales, conforme Tabela 3.1, a partir da qual a cal CS, mais fina, facilitou a hidratação.

Já a pequena diferença na quantidade de resíduo, quando variada a proporção de hidratação, pode ter ocorrido no processo de lavagem das cales.

4.3 Resultado dos ensaios de análise térmica

Nas figuras 4.4 a 4.10, são mostradas as curvas DTA e TG das amostras identificadas, resultantes dos ensaios de análise térmica, obtém-se as perdas de massa dos hidróxidos, Ca(OH)_2 e Mg(OH)_2 , assim como, do carbonato de cálcio (CaCO_3), na forma de calcita. Este ensaio permite determinar quantitativamente cada componente.

Sendo:

Linha verde – TG e linha azul DTA.

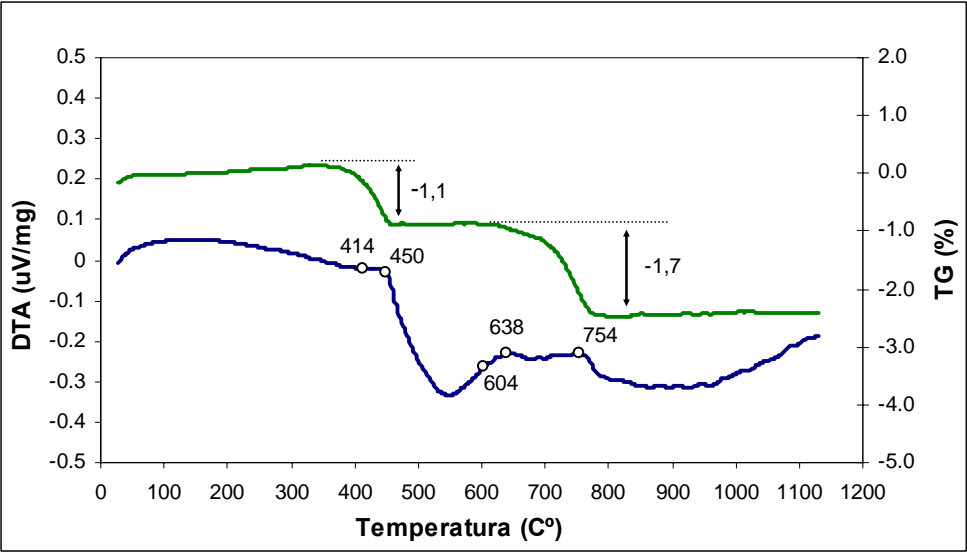


Figura 4.4 – Resultado do ensaio de termogravimetria da amostra CS

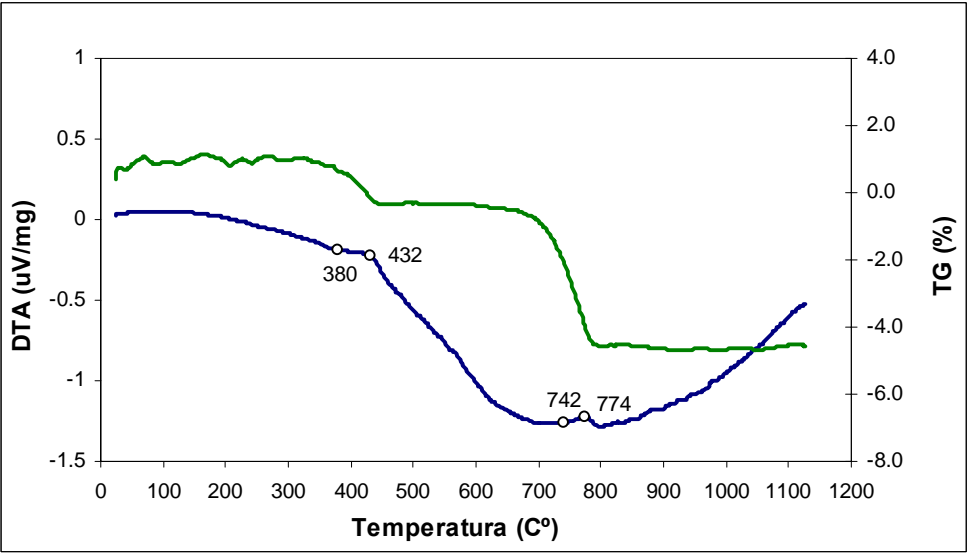


Figura 4.5 – Resultado do ensaio de termogravimetria da amostra CB

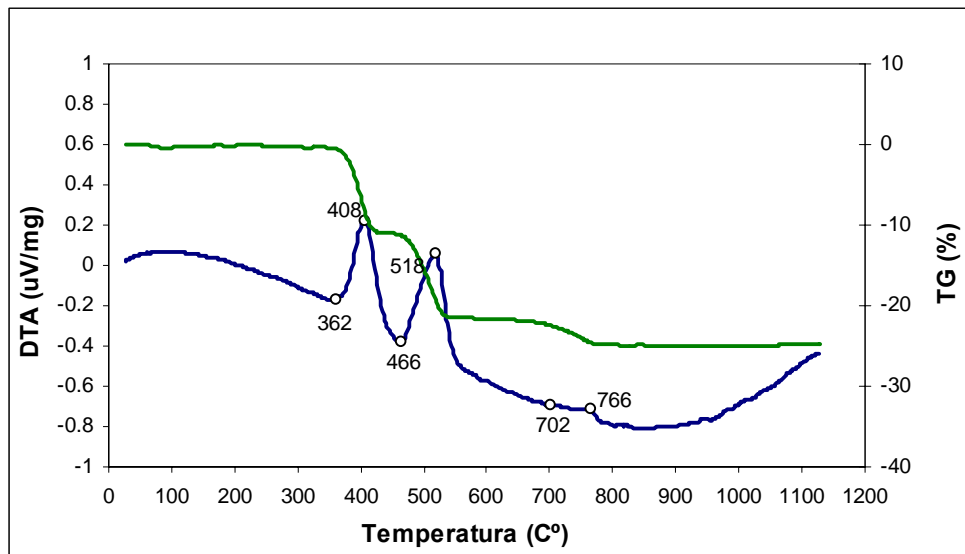


Figura 4.6 – Resultado do ensaio de termogravimetria da amostra CB1:2-1

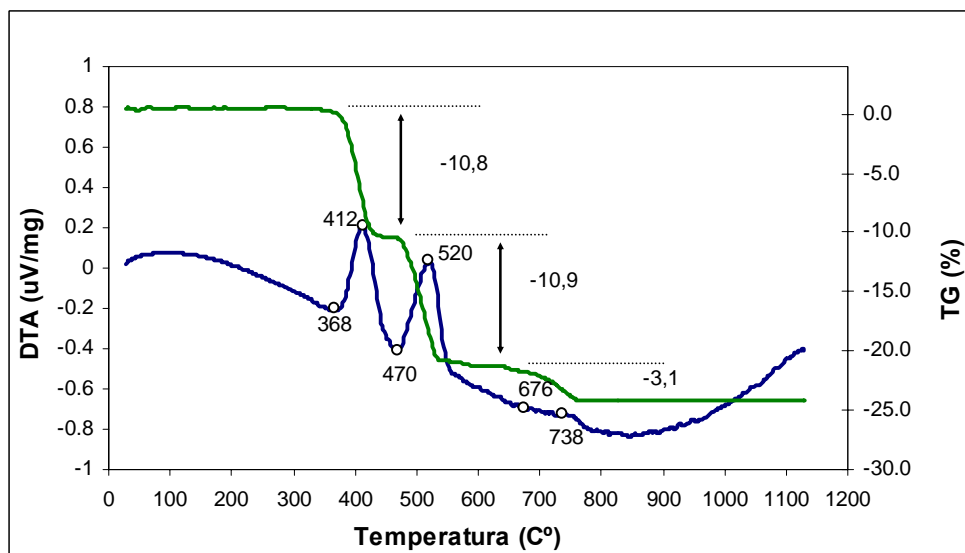


Figura 4.7 – Resultado do ensaio de termogravimetria da amostra CB1:4-1

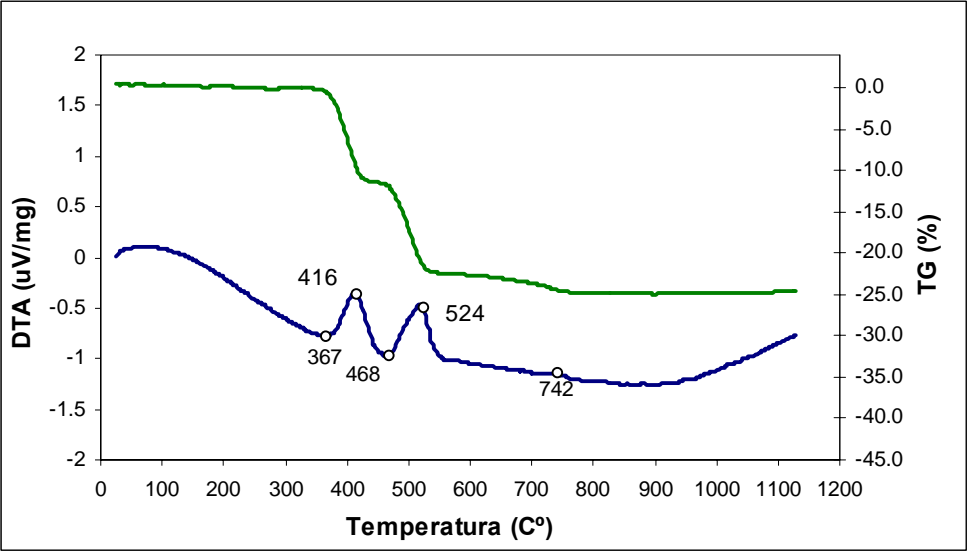


Figura 4.8 – Resultado do ensaio de termogravimetria da amostra CS1:3-1

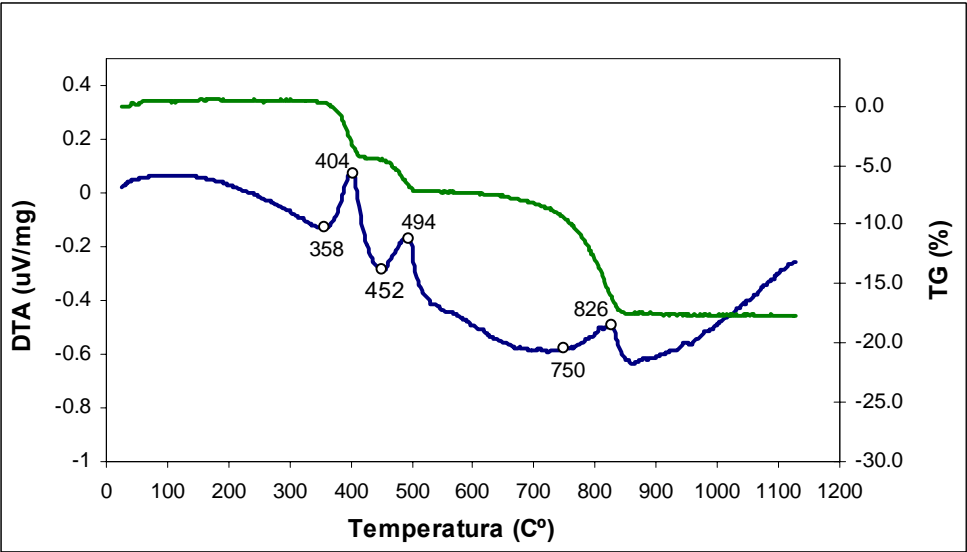


Figura 4.9 – Resultado do ensaio de termogravimetria da amostra RCS1:2-1

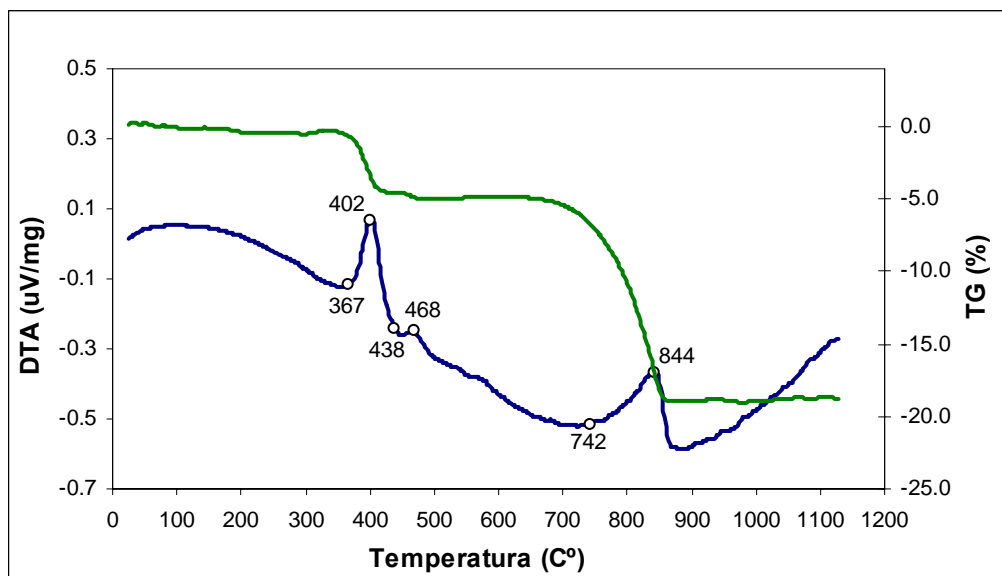


Figura 4.10 – Resultado do ensaio de termogravimetria da amostra RCB1:2-1

As quantidades de cada componente encontrado nas amostras foram calculadas conforme anexo H e seus resultados estão apresentados na tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Quantidades de hidróxidos de cálcio, hidróxido de magnésio e carbonato de cálcio

Identificação	% Ca(OH) ₂	% Mg(OH) ₂	% CaCO ₃
CS	4,53	-	3,87
CB	1,24	4,21	9,1
CB1:2-1	43,23	34,34	7,74
CB1:4-1	44,87	34,99	7,05
CS1:3-1	44,87	36,93	5,46
R.CS1:2-1	11,53	15,87	23,20
R.CB1:2-1	2,06	13,60	31,85

Nas análises ocorreram três reações endotérmicas: desidratação do hidróxido de cálcio, desidratação do hidróxido de magnésio e decomposição do carbonato de cálcio.

Foi verificada uma diferença na quantidade de carbonato de cálcio entre as cales CS e CB. Esta diferença influenciou no rendimento das cales porque a cal CB apresentava maior quantidade de resíduo, que é um componente inerte.

As análises nas cales hidratadas, mostraram que não existiu diferença de composição quando foi variada a quantidade de água para extinção. Assim, as cales CB1:2-1 e CB1:4-1 apresentaram basicamente os mesmos quantitativos.

Nos resíduos, a maior quantidade de Ca(OH)_2 encontrada na amostra RCS1:2-1 em relação a RCB1:2-1, pode ter ocorrido pelo processo de lavagem na peneira # 200. Mas a proporção de inerte (quartzo, carbonatos e impurezas) é maior quando utilizada a cal CB em comparação com a cal virgem CS.

Referente ao exposto anteriormente, cabe ressaltar que o processo de lavagem é realizado manualmente e a finalização do ensaio é de forma empírica, há a possibilidade, portanto, do final do ensaio ter ocorrido antes do tempo correto.

Mesmo assim, os dados encontrados demonstram que a cal CB possui qualidade inferior a CS, devido à quantidade de carbonato de cálcio na forma de calcita encontrada, ficando claro, até esse momento, problemas de calcinação da rocha. De acordo com Guimarães (2002) o calor interno gerado nos fornos para a fabricação das cales exercem grande influência na qualidade do produto.

4.4 Resultados dos ensaios de difração de raios-X

Utilizou-se ensaios de difração de raio-X, com o intuito de avaliar qualitativamente as amostras. As figuras 4.11 a 4.17 mostram os resultados dos ensaios nas amostras identificadas.

Para a identificação dos picos, foram utilizadas as seguintes abreviaturas:

- CH – Hidróxido de cálcio;
- MH – Hidróxido de magnésio;
- CC – Carbonato de cálcio (Calcita);
- CaO – Óxido de cálcio;
- MgO – Óxido de magnésio;
- Q – Quartzo.

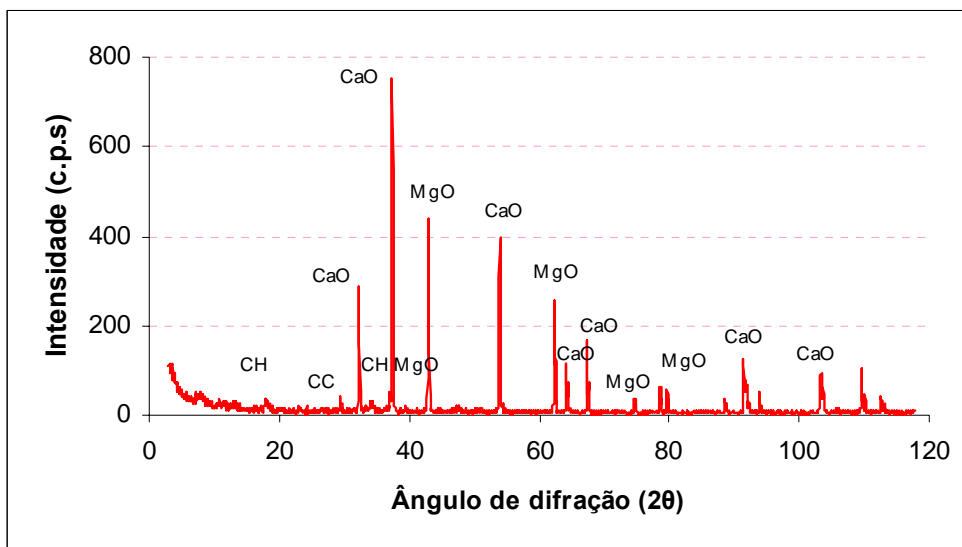


Figura 4.11 – Resultado do ensaio de difração de raio X da amostra CS

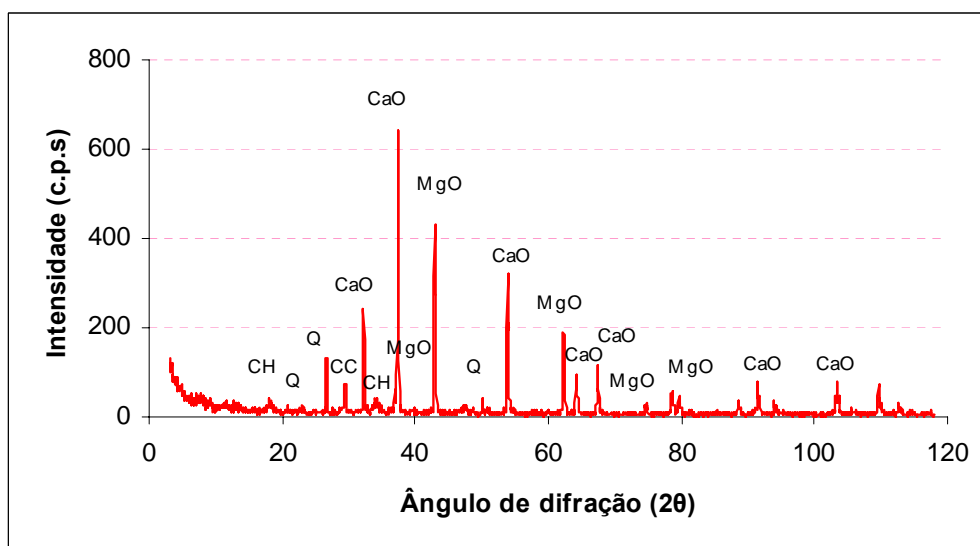


Figura 4.12 – Resultado do ensaio de difração de raio X da amostra CB

Analisando os resultados das cales virgens, nota-se a presença de hidróxido de cálcio, já verificado na análise térmica. Assim, pode-se concluir que as cales estavam parcialmente hidratadas e este fator também influenciou no rendimento.

Também apresentaram picos da calcita nas duas cales e de quartzo (SiO_2) na cal virgem CB. A quantidade de Calcita encontrada, como já comentado, é ocasionado por problemas na calcinação das rochas. Já a presença de quartzo pode ocorrer por vários fatores. Dentre os principais fatores influentes na quantidade de quartzo contida nas cales podem ser destacadas

a falta de limpeza das rochas antes da calcinação e, principalmente, a composição mineralógica das rochas.

Avaliando os dados de rendimento das cales, percebe-se que a diferença encontrada entre as cales deve-se, principalmente, à quantidade de inertes, carbonato de cálcio e quartzo, em maior escala na cal virgem CB.

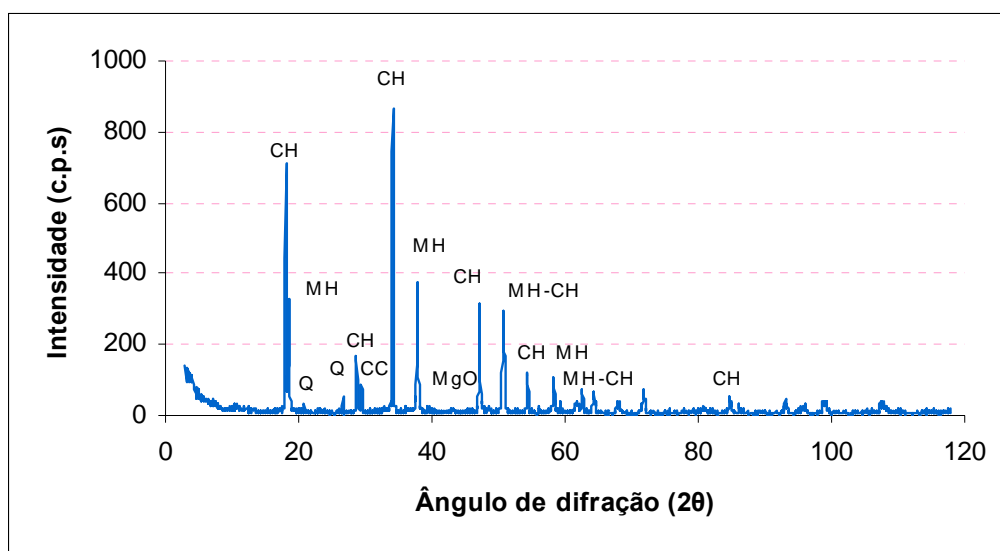


Figura 4.13 – Resultado do ensaio de difração de raio X da amostra CB1:2-1

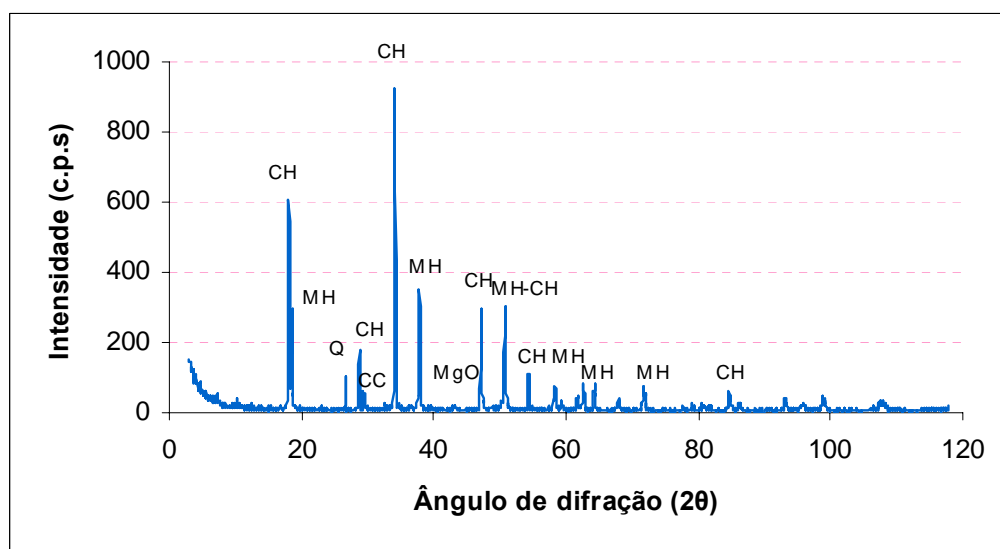


Figura 4.14 – Resultado do ensaio de difração de raio X da amostra CB1:4-1

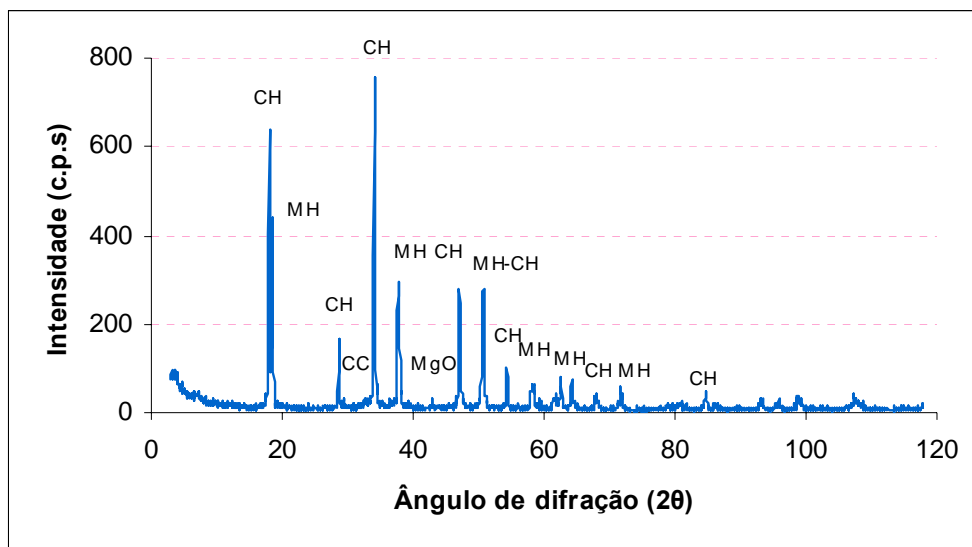


Figura 4.15 – Resultado do ensaio de difração de raio X da amostra CS1:3-1

Nas cales hidratadas, em todas as amostras, destaca-se a presença de um pico de óxido de magnésio com 24 horas de maturação. No entanto, a intensidade relativa do pico é baixa, além disso, para o óxido de magnésio ser considerado como presente na amostra, deveriam aparecer outros dois picos. Assim, considera-se que a cal com 24 horas de maturação estava com completa hidratação, confirmando os resultados encontrados por Niques (2003), que concluiu que o óxido de magnésio completa sua hidratação no período entre oito horas e 28 dias. Já o hidróxido de cálcio hidrata completamente durante a extinção.

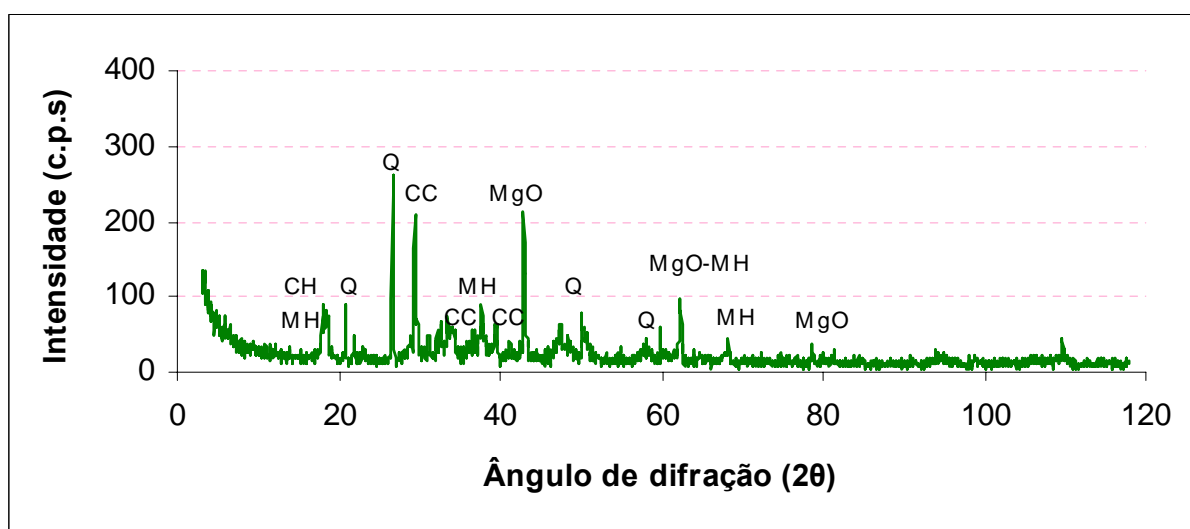


Figura 4.16 – Resultado do ensaio de difração de raio X da amostra RCS1:2-1

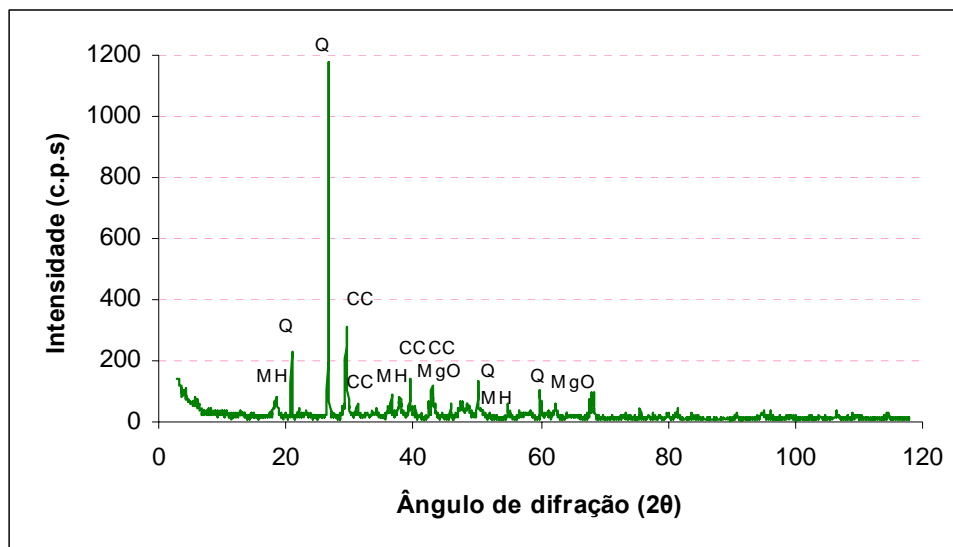


Figura 4.17 – Resultado do ensaio de difração de raio X da amostra RCB1:2-1

Analisando os resultados dos resíduos, foram identificados picos de calcita e quartzo, ressaltando que no processo de lavagem de cales na peneira # 200, a maior parte dos resíduos retidos são inertes, já que os picos encontrados de óxidos ou hidróxidos, não apresentam grande intensidade.

Assim, analisando os resultados de difração de raios-X e análise térmica diferencial é possível dizer que, quando ocorre a lavagem de uma argamassa intermediária na peneira # 200, seguindo a metodologia já comentada, haverá retenção de parte inerte, relativa à areia e impurezas (resíduos) das cales.

4.5 Resultados dos ensaios de reconstituição de traço

Na tabela 4.2 são mostrados os resultados médios da porcentagem de cal hidratada encontrada em cada argamassa intermediária, através de reconstituição de traço pelos dois métodos verificados.

Tabela 4.2 – Resultado dos ensaios de reconstituição, quantidade de cal hidratada encontrada em cada argamassa

Argamassa	% de cal hidratada			
	Tipo de ensaio			
	Lavação com água		Lavação com ácido	
	Tempo de maturação			
	1 dia	7 dias	1 dia	7 dias
AeCS1:4	7,15	7,84	7,91	8,48
AcCB1:4	10,25	10,21	12,13	11,78
AeCB1:6	5,18	5,14	5,97	6,07
AcCS1:6	7,87	7,77	8,31	8,17
AcCB1:9	6,63	6,75	8,12	8,02
AeCs1:9	3,62	3,67	4,27	4,26

A tabela 4.3 mostra uma comparação dos fatores aglomerante/agregado, esperado e encontrado para cada argamassa intermediária.

Tabela 4.3 – Resultado das relações aglomerante/agregado encontrados nos ensaios de reconstituição

Argamassa	Relação aglomerante/agregado				
	Esperado	Encontrado - Tipo de ensaio			
		Lavação com água		Lavação com ácido	
		Tempo de maturação			
		1 dia	7 dias	1 dia	7 dias
AeCS1:4	0,091	0,077	0,085	0,086	0,093
AcCB1:4	0,114	0,114	0,114	0,138	0,133
AeCB1:6	0,064	0,055	0,054	0,063	0,065
AcCS1:6	0,072	0,085	0,084	0,090	0,089
AcCB1:9	0,051	0,071	0,072	0,088	0,087
AeCs1:9	0,041	0,037	0,038	0,045	0,044

Ressalta-se que o valor esperado, foi determinado utilizando cálculos matemáticos, levando em consideração o fator de rendimento das cales e massas unitárias dos materiais. Na tabela 4.4 são apresentados as diferenças em relação ao valor esperado.

Tabela 4.4 - Diferença em relação ao valor esperado (aglomerante/agregado)

Argamassa	% Diferença - Tipo de ensaio			
	Lavação com água		Lavação com ácido	
	Tempo de maturação			
	1 dia	7 dias	1 dia	7 dias
AeCS1:4	15,4	6,6	5,5	2,2
AcCB1:4	0,0	0,0	21,0	16,7
AeCB1:6	14,0	14,0	1,6	1,6
AcCS1:6	18,0	16,7	25,0	23,6
AcCB1:9	39,2	41,2	72,5	70,6
AeCs1:9	9,7	7,3	9,75	7,3

Observa-se que as argamassas intermediárias, AcCS1:6 e AcCB1:9 foram as que mais se distanciaram dos valores esperados. Nas duas argamassas foi utilizada a areia Ac com alto teor de material pulverulento, o que pode ter influenciado nos resultados.

Nas demais argamassas, as reconstituições de traços são variáveis em relação aos dos valores calculados, praticamente iguais em alguns casos. Outro fator importante, mostrado nos anexos C, é que os ensaios mostraram boa reprodutibilidade dos resultados com a obtenção de baixos coeficientes de variação.

Um fator importante verificado refere-se ao fato de que o erro diminui com o tempo de maturação em praticamente todos os casos.

Com o objetivo de avaliar a influência dos dois fatores, tipo de ensaio e tempo de maturação, ou sua inter-relação entre as variáveis, foi utilizado experimentos fatoriais, como mostram os anexos D.

Os resultados da análise fatorial são apresentados na tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Resultados encontrados pela análise fatorial dos ensaios de reconstituição

Fatores	Influência nos resultados de reconstituição das argamassas					
	AeCS1:4	AcCB1:4	AeCB1:6	AcCS1:6	AcCB1:9	AeCS1:9
Maturação	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
Ensaio	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Inter-relação	Sim	Não	Não	Não	Não	Não

Assim, verifica-se que a influência do tipo de ensaio é marcante o mesmo não ocorrendo com o tempo de maturação. Somente a argamassa intermediária AeCS1:4, diferiu apresentando diferença nos três itens analisados.

Fica claro, então, que não é possível avaliar a composição de uma argamassa intermediária pelos dois ensaios, pois os resultados irão diferir significativamente.

A diferença significativa no teor de cal hidratada encontrada entre os ensaios pode ser explicada pela provável decomposição dos hidróxidos contidos nas cales, ocasionada pela ação do ácido clorídrico, já que somente a lavagem com água não garante a total eliminação dos hidróxidos, verificado nos ensaios de difração de raios-X e análise térmica, que mostraram hidróxidos nos resíduos, somado a isso, a provável decomposição de parte dos carbonatos (calcita) presentes nas amostras.

Nas figuras 4.18 a 4.23 são encontradas comparações gráficas dos resultados obtidos nos ensaios de reconstituição com os requisitos da norma BS 4721/81 em relação às quantidades de cal hidratada limites em determinado traço de argamassa intermediária.

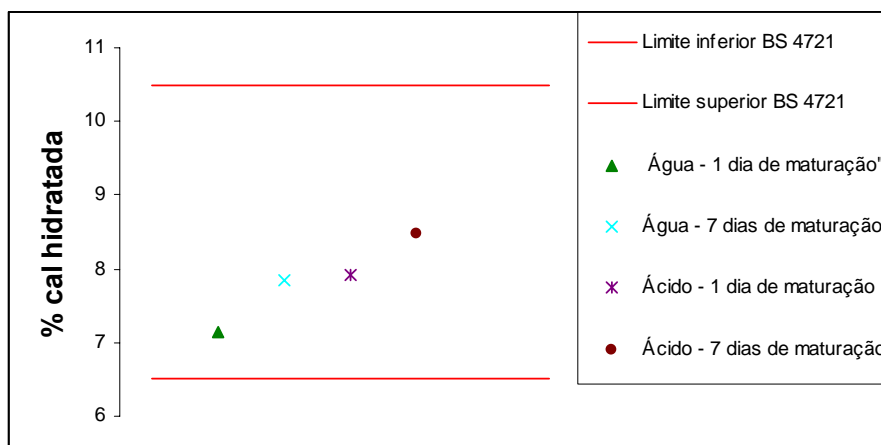


Figura 4.18 – Comparação entre teores de cal hidratada nas argamassas de código AeCS1:4 e requisitos da BS 4721/81 para traço 1:4

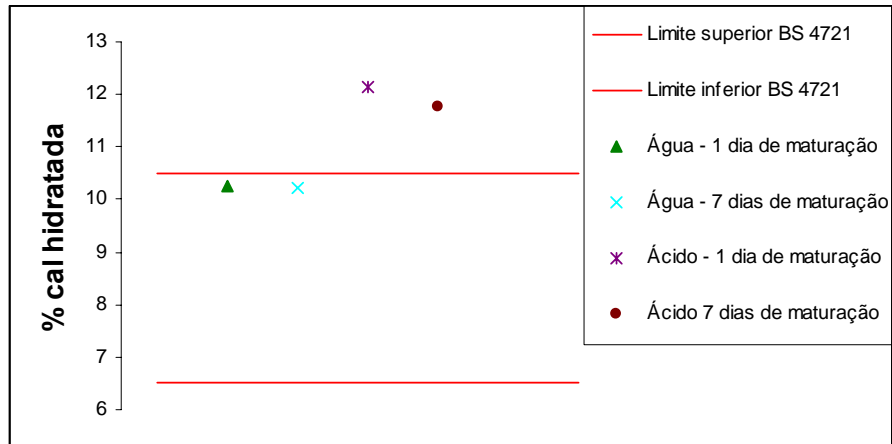


Figura 4.19 – Comparação entre teores de cal hidratada nas argamassas de código AcCB1:4 e requisitos da BS 4721/81 para traço 1:4

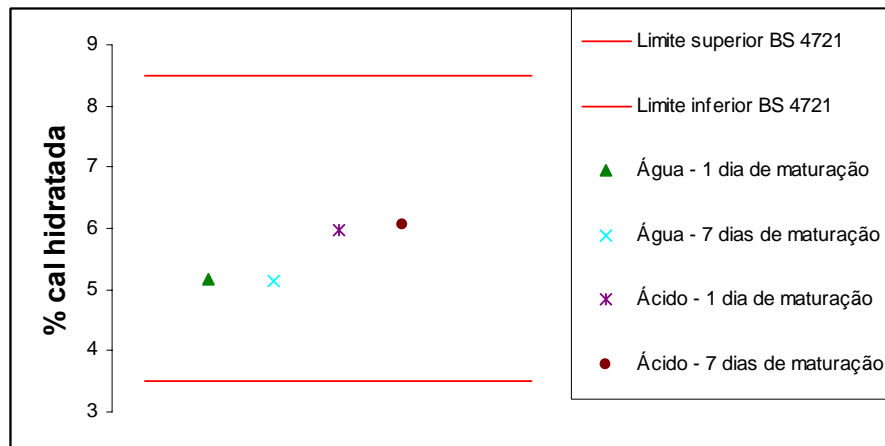


Figura 4.20 – Comparação entre teores de cal hidratada nas argamassas de código AeCB1:6 e requisitos da BS 4721/81 para traço 1:6

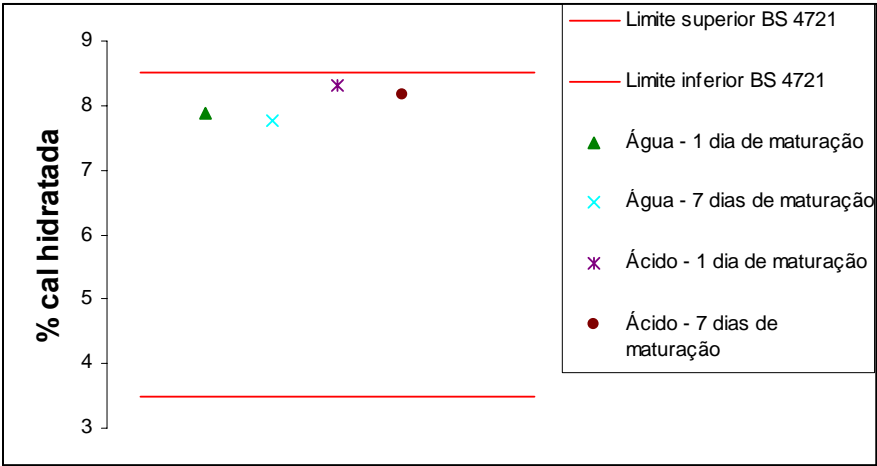


Figura 4.21 – Comparação entre teores de cal hidratada nas argamassas de código AcCS1:6 e requisitos da BS 4721/81 para traço 1:6

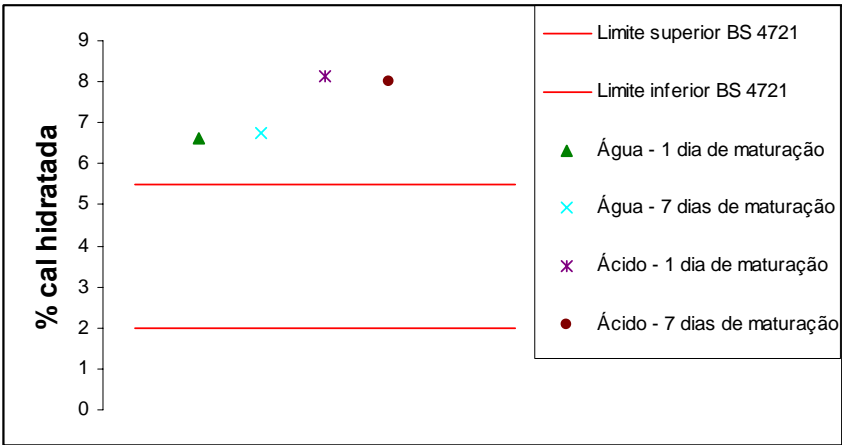


Figura 4.22 – Comparação entre teores de cal hidratada nas argamassas de código AcCB1:9 e requisitos da BS 4721/81 para traço 1:9

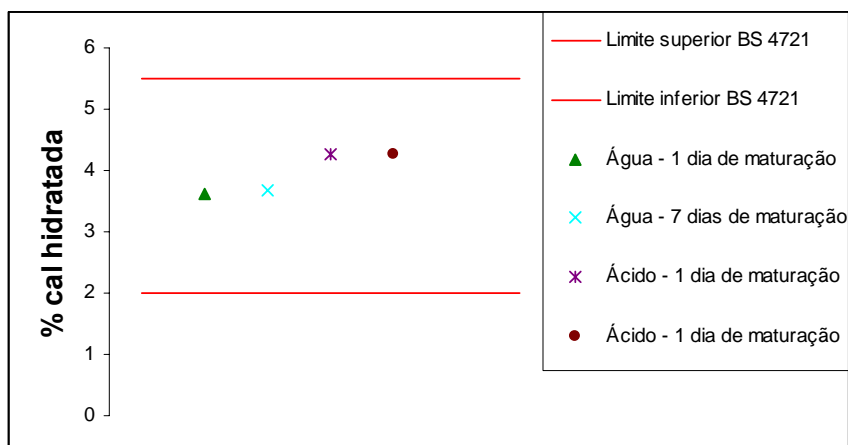


Figura 4.23 – Comparação entre teores de cal hidratada nas argamassas de código AeCS1:9 e requisitos da BS 4721/81 para traço 1:9

Estas comparações mostraram que das 24 verificações realizadas, seis não se enquadraram nos limites da BS 4721/81, totalizando 25% dos resultados.

Não se enquadraram as argamassas intermediárias AcCB1:4, método de lavação com ácido e a AcCB1:9, nos dois métodos de ensaios analisados.

Ressalta-se que a massa unitária dos materiais é muito importante, já que a norma britânica especifica teores de cal hidratada em porcentagem, e os traços de cal hidratada/areia são verificados em volume.

Assim, verifica-se que os valores especificados pela norma britânica em relação aos teores de cal hidratada, não estão fora da realidade das argamassas intermediárias verificadas, como também os ensaios utilizados, lavação com água e lavação com ácido, parecem adequados para determinar a composição das argamassas intermediárias. Porém, é importante destacar que existe uma diferença significativa entre os ensaios, provada estatisticamente pela análise fatorial.

Observa-se uma melhor adequação aos requisitos da norma britânica para os resultados encontrados no ensaio de reconstituição com água, já que somente um resultado não atendeu as especificações, e os erros encontrados em relação aos fatores aglomerante/agregado nos métodos avaliados, podem ser considerados equivalentes.

4.6 – Argamassas mistas

4.6.1 – Análise dos resultados no estado fresco

4.6.1.1 – Consistência e trabalhabilidade

Na caracterização da trabalhabilidade das argamassas foi fixado índice de consistência na mesa de consistência conforme NBR 13276/95. São apresentados na tabela 4.6 os índices de consistência obtidos nas diversas argamassas, as relações aglomerante/agregado, relações água/cimento, relações água/aglomerante e aglomerante/agregado.

Tabela 4.6 – Parâmetros de proporcionamento das argamassas

Argamassa	Índice de consistência (mm)	Relação água/materiais secos (massa)	Relação água/cimento (massa)	Relação água/aglomerante (massa)	Relação aglomerante/agregado (massa)
AeCS1:2:9	259	0,25	3,96	2,12	0,13
AcCS1:2:9	252	0,29	3,99	2,14	0,16
AcCB1:2:9	253	0,32	4,38	2,24	0,16
AeCS1:1:6	264	0,25	2,76	1,93	0,15
AcCS1:1:6	264	0,28	2,65	1,85	0,18
AcCB1:1:6	252	0,29	2,77	1,88	0,19

Observa-se pela figura 4.24 que as argamassas dosadas com areia Ae, de depósito eólico, apresentaram menor teor água/materiais secos quando comparadas com argamassas com a areia Ac, assim como, índice de consistência maior, quando comparadas com as outras argamassas. Esse fator é importante, pois mostra que se faz necessária menor quantidade de água de amassamento para mesma consistência, devido à forma e texturas dos grãos da areia de duna e também à quantidade de material pulverulento, em maior quantidade na areia de cava (AC), influenciando diretamente na quantidade de água para obter a consistência desejada.

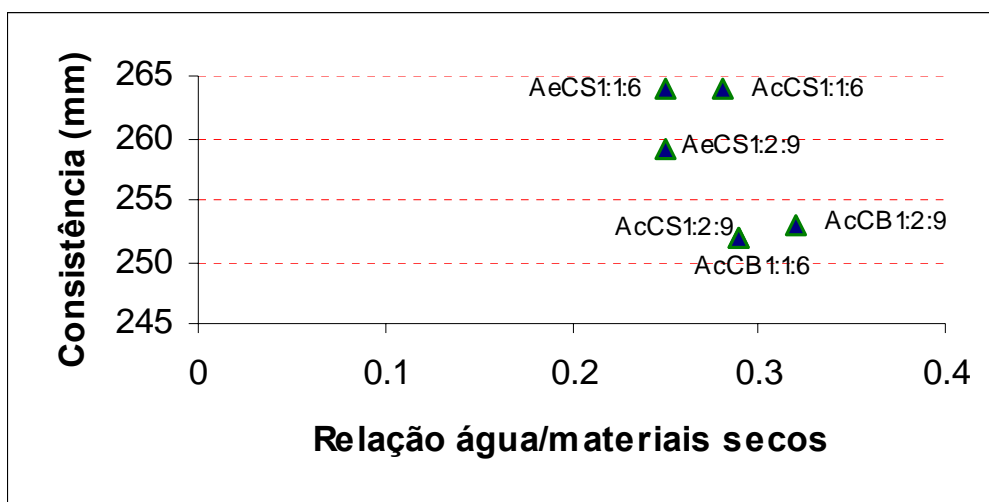


Figura 4.24 – Variação do índice de consistência com a relação água/materiais secos

4.6.1.2 – Massa específica e teor de Ar incorporado

Na tabela 4.7 são apresentados os resultados médios de três determinações dos ensaios de massa específica e do teor de ar incorporado das argamassas mistas.

Tabela 4.7 – Resultados obtidos nos ensaios de massa específica e teor de ar

Argamassa	Massa específica (g/cm ³)	Teor de ar (%)
AeCS1:2:9	1,98	1,50
AcCS1:2:9	1,92	2,04
AcCB1:2:9	1,88	2,10
AeCS1:1:6	1,97	1,50
AcCS1:1:6	1,94	1,22
AcCB1:1:6	1,92	1,30

A figura 4.25 mostra que com o aumento da massa específica ocorre um decréscimo da relação água/materiais secos.

As argamassas dosadas com areia Ae, de depósito eólico, apresentam maiores massas específicas, quando comparadas com a areia Ac, de cava de rio, explicada pela maior massa unitária, ou menor índice de vazios da areia e menor teor de ar.

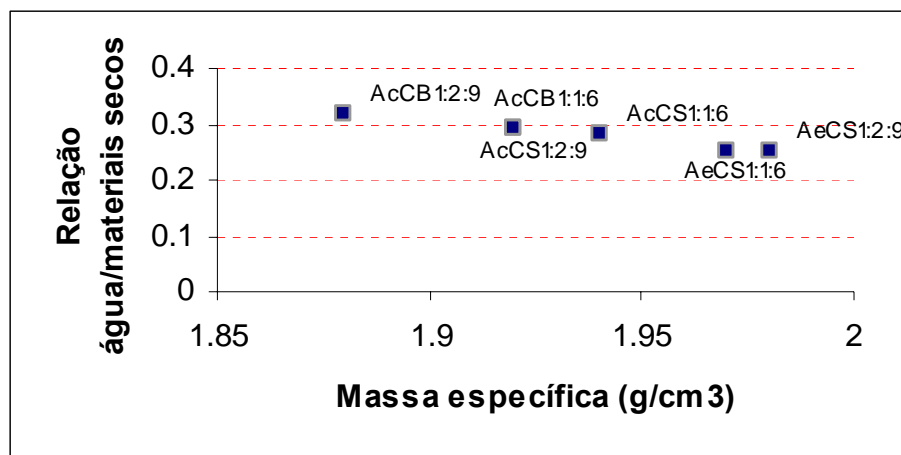


Figura 4.25 – Variação entre a massa específica e relação água/materiais secos

Relacionando os resultados do teor de ar incorporado das argamassas encontrado, comparados com os requisitos da norma Bs 4721/81, especificado o valor máximo de sete por cento, todos os resultados atendem à exigência da referida norma.

4.6.1.3 – Retenção de água

A tabela 4.8 mostra os resultados dos ensaios de retenção de água obtidos.

Tabela 4.8 – Resultados obtidos nos ensaios de retenção de água

Argamassa	Retenção de água (%)
AeCS1:2:9	91,3
AcCS1:2:9	93,3
AcCB1:2:9	96,4
AeCS1:1:6	87,5
AcCS1:1:6	90,4
AcCB1:1:6	93,3

Na análise estatística de comparação de múltiplas médias, foi verificado que não existe diferença significativa apenas entre as argamassas AeCS1:2:9 e AcCS1:1:6 e entre AcCB1:1:6 e AcCS1:2:9, conforme mostrado no anexo E.

Também pode-se constatar que a areia Ae proporciona menor retenção de água que a areia AC, tendo a areia AC maior quantidade de finos contribuindo na retenção de água. A cal CB proporciona maior retenção de água em relação a cal CS e o traço 1:2:9 proporciona maior

retenção de água que o traço 1:1:6, já que a relação cal/areia é maior no traço 1:2:9, podendo ser verificado na tabela 3.12.

A norma BS 4721/81 recomenda que argamassas com traço 1:1:6 e 1:2:9 (em volume), conforme tabelas dois e sete da referida norma, possuam retenção de água não menor que 90% e 91%, respectivamente.

Os resultados encontrados mostram que as argamassas estudadas de traço 1:2:9, e as argamassas de traço 1:1:6 atenderam às especificações da referida norma, enquanto apenas a AeCS1:1:6 não atendeu aos limites estipulados.

A figura 4.26 mostra que a consistência é influenciada pela retenção de água.

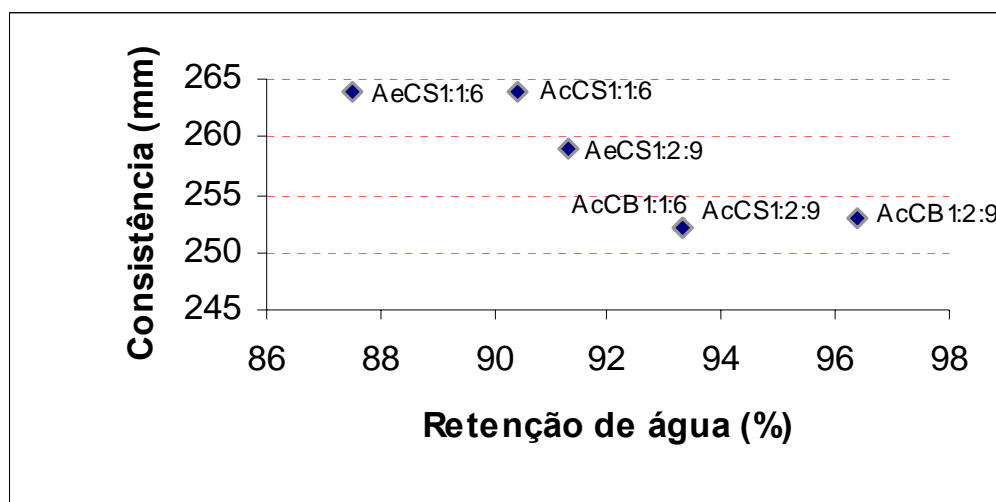


Figura 4.26 – Variação da retenção de água com a consistência

Assim, como a diminuição do índice de consistência eleva a retenção de água e, conforme comentado anteriormente, as argamassas dosadas com areia tipo Ae necessitam de menor quantidade de água de amassamento para obtenção de trabalhabilidade, mostrado pela figura 4.24, pode-se entender que uma pequena diminuição na quantidade de água nas argamassas com areia do tipo Ae, causaria diminuição do índice de consistência, podendo melhorar as características tanto no estado fresco, quanto no endurecido.

A figura 4.27 demonstra uma tendência no aumento da característica de retenção de água com maiores valores na relação aglomerante/agregado nas argamassas, observando que quanto maior o teor de aglomerante maior a retenção de água.

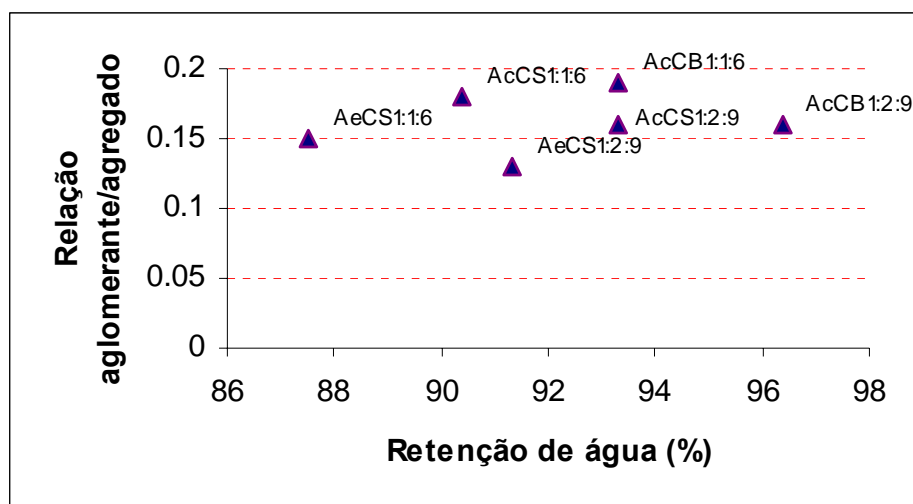


Figura 4.27 – Variação da retenção de água com a relação aglomerante/agregado

4.6.2 – Análise dos resultados no estado endurecido

4.6.2.1 – Resistência à compressão axial

A tabela 4.9 apresenta os resultados de resistência à compressão axial encontrados nas argamassas mistas estudadas.

Tabela 4.9 – Resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão axial

Argamassa	Resistência à compressão aos 28 dias (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coefficiente de variação
AeCS1:2:9	0,90	0,040	4,5
AcCS1:2:9	1,24	0,098	7,9
AcCB1:2:9	1,10	0,034	3,1
AeCS1:1:6	1,83	0,062	3,39
AcCS1:1:6	2,52	0,050	1,97
AcCB1:1:6	2,17	0,205	9,42

Os resultados da análise estatística mostrou que não existiu diferença significativa somente entre as argamassas AcCS1:2:9 e AcCB1:2:9, as demais também diferem significativamente em relação às suas médias.

Ao compararmos, também, os resultados encontrados com os requisitos da BS 4721/81 em relação à resistência à compressão, nenhuma argamassa atendeu às exigências como mostra a tabela 4.10.

Tabela 4.10 – Comparação dos resultados de resistência à compressão axial com os requisitos da BS 4721/81

Argamassa	Resistência à compressão aos 28 dias (MPa)	Requisitos da BS 4721/81 aos 28 dias (MPa)
AeCS1:2:9	0,90	$\geq 1,5$
AcCS1:2:9	1,24	$\geq 1,5$
AcCB1:2:9	1,10	$\geq 1,5$
AeCS1:1:6	1,83	$\geq 3,0$
AcCS1:1:6	2,52	$\geq 3,0$
AcCB1:1:6	2,17	$\geq 3,0$

Cabe ressaltar que as argamassas foram dosadas da forma convencional e não como recomenda a norma britânica que especifica a adição de uma porcentagem de cimento em relação à quantidade de materiais secos contidas na argamassa intermediária.

Assim a tabela 4.11 mostra as porcentagens de cimento indicadas pela norma britânica, independente dos materiais empregados nas argamassas intermediárias (cal e areia), considerados os materiais aqui estudados, como também, as utilizadas nas argamassas estudadas.

Tabela 4.11 – Comparação da proporção de cimento utilizada nas argamassas estudadas com as recomendações da BS 4721/81

Argamassa	% cimento em relação à massa de matérias secas da argamassa intermediária
BS 4721/81 – 1:2:9 – 1:2:8	10
AeCS1:2:9	6,11
AcCS1:2:9	7,07
AcCB1:2:9	7,03
BS4721/81 – 1:1:6 – 1:1:5	15
AeCS1:1:6	9,05
AcCS1:1:6	10,45
AcCB1:1:6	10,44

Os dados apresentados na tabela 4.11, mostram que a dosagem convencional possui um teor de cimento menor que o especificado pela norma britânica, independente do traço usado. Torna-se claro que os resultados de resistência à compressão não atenderam às exigências normativas da norma britânica devido ao menor teor de cimento utilizado. Já que a figura 4.28 mostra a relação entre o teor de cimento em relação à resistência à compressão axial.

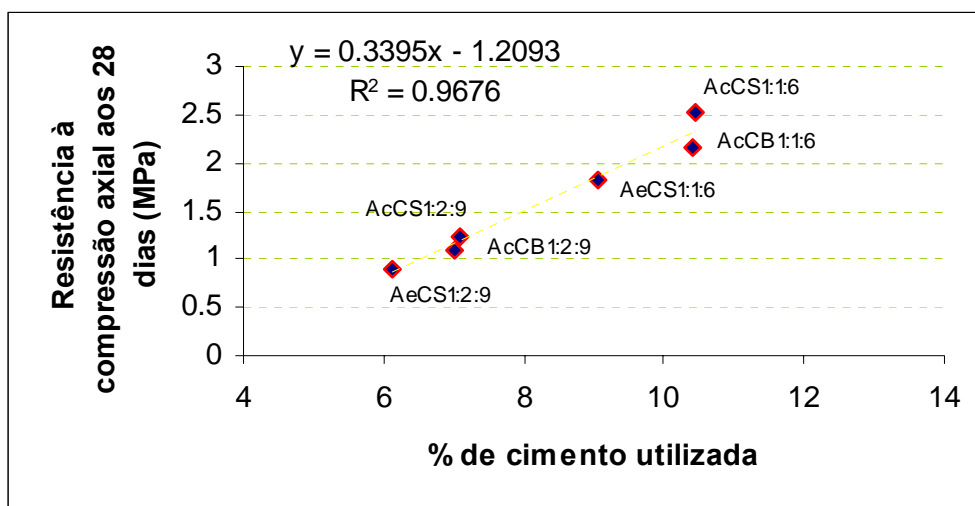


Figura 4.28 – Relação entre a porcentagem de cimento utilizada com a resistência à compressão axial

Analisando a figura 4.28, é claro o crescimento da resistência à compressão das argamassas com o aumento do teor de cimento utilizado.

Logo a dosagem convencional que foi utilizada no estudo experimental e adotada nas obras correntemente difere das recomendações da norma britânica, com consequência na propriedade no estado endurecido avaliada.

Utilizando a equação de correlação encontrada na figura 4.28, e as especificações de resistência mínimas em MPa da BS 4721/81, são encontradas as porcentagens de cimento que seriam necessárias para atender esse requisito, como mostra a tabela 4.12

Tabela 4.12 – Porcentagem de cimento a ser utilizada nas argamassas estudadas para atender aos requisitos mínimos de resistência à compressão axial impostos pela BS4721/81

Argamassa	% de cimento a ser adicionada em relação massa de materiais secos na argamassa intermediária para atender aos requisitos da BS 4721/81 (resistência à compressão axial)
AeCS1:2:9	8
AcCS1:2:9	8
AcCB1:2:9	8
AeCS1:1:6	12,4
AcCS1:1:6	12,4
AcCB1:1:6	12,4

Assim percebe-se, a partir dos materiais utilizados na pesquisa, que não seriam necessários a porcentagem de cimento especificada pela norma britânica para atender o requisito de resistência à compressão.

4.6.2.1 – Resistência de aderência

A tabela 4.13 apresenta os resultados de resistência de aderência à tração, encontrados nas amostras identificadas.

Tabela 4.13 – Resultados obtidos no ensaio de resistência de aderência à tração

Argamassa	Resistência de aderência aos 28 dias (MPa)
AeCS1:2:9	0,137
AcCS1:2:9	0,201
AcCB1:2:9	0,130
AeCS1:1:6	0,265
AcCS1:1:6	0,322
AcCB1:1:6	0,306

A análise estatística de comparação de múltiplas médias mostrou que houve diferença significativa entre as argamassas de traço diferenciado, ou seja, as argamassas de traço 1:2:9 diferem das de traço 1:1:6, não havendo diferença entre as argamassas de mesmo traço.

Além disso, considerando a especificação para aplicação de argamassas de traço 1:2:9 em revestimento interno de edificações e argamassas de traço 1:1:6 para revestimento externo, quando comparados os resultados de resistência de aderência encontrados com as especificações da NBR 13749/96, demonstra que a argamassa AcCS1:2:9 atende aos requisitos e as argamassas AcCS1:1:6 e AcCB1:1:6 também, como mostra a tabela 4.14.

Tabela 4.14 – Comparação dos resultados de resistência de aderência com requisitos da NBR 13749/96

Argamassa	Resistência de aderência à tração aos 28 dias (MPa)	Requisitos da NBR 13749/96 (MPa)
AeCS1:2:9	0,137	$\geq 0,2$
AcCS1:2:9	0,201	$\geq 0,2$
AcCB1:2:9	0,130	$\geq 0,2$
AeCS1:1:6	0,265	$\geq 0,3$
AcCS1:1:6	0,322	$\geq 0,3$
AcCB1:1:6	0,306	$\geq 0,3$

Percebe-se a não necessidade de aumento do teor de cimento, em determinados casos, para atender as recomendações em relação à resistência de aderência, única especificação de desempenho para argamassas encontradas em normas nacionais relativas à revestimentos com argamassas inorgânicas mistas. A norma britânica BS 4721/81 especifica valores somente de resistência à compressão no estado endurecido, estipulando uma relação padrão no teor de cimento. Este teor é muito mais elevado que o usado em dosagens convencionais, que foram utilizadas na pesquisa.

Fica claro que, se utilizada a dosagem especificada pela norma britânica, ao se analisar as propriedades das argamassas em relação à resistência de aderência à tração, assim como na compressão axial, todas seriam aprovadas em relação aos requisitos da NBR 13749/96 incluindo as argamassas estudadas que ficaram fora dos limites normativos, já que, como mostra a figura 4.29, existe um aumento da resistência de aderência à tração com o aumento do teor de cimento utilizado.

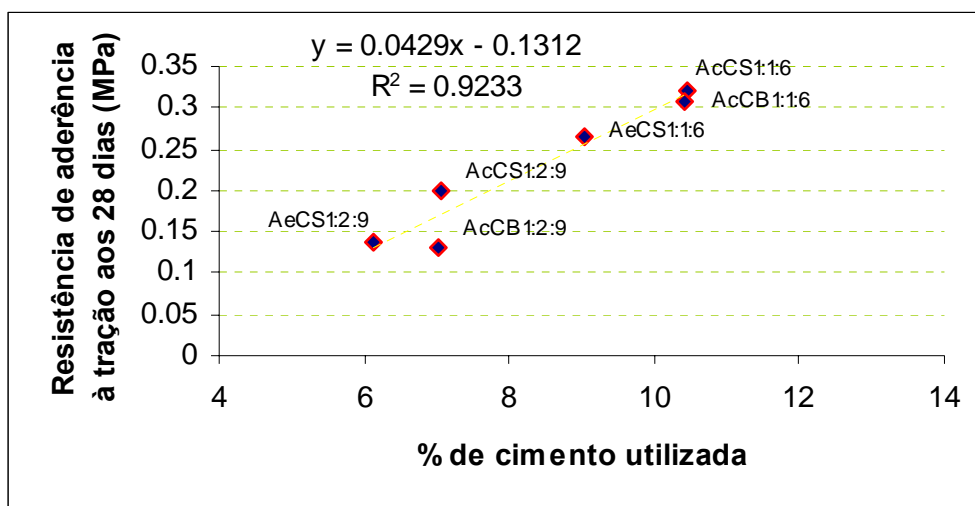


Figura 4.29 – Relação entre a porcentagem de cimento utilizada com a resistência de aderência à tração

Ao utilizar-se a equação de correlação encontrada na figura 4.29 verificamos que, o teor de cimento para atender as recomendações da norma 13749/96 em MPa aos 28 dias, considerando as argamassas estudadas, são apresentados na tabela 4.15.

Tabela 4.15 – Porcentagem de cimento a ser utilizada nas argamassas estudadas para atender aos requisitos mínimos de resistência de aderência à tração exigidos pela NBR 13749/96

Argamassa	% de cimento a ser adicionada em relação massa de materiais secos na argamassa intermediária para atender aos requisitos da NBR13749/96 (resistência de aderência à tração)
AeCS1:2:9	7,7
AcCS1:2:9	7,7
AcCB1:2:9	7,7
AeCS1:1:6	10,05
AcCS1:1:6	10,05
AcCB1:1:6	10,05

Analisando a tabela 4.14 e a tabela 4.15 os teores de cimento para atender aos requisitos de resistência de aderência são até menores que para resistência à compressão.

Deve ser ressaltado que as condições do substrato são importantes na resistência de aderência de argamassas, logo, os resultados comentados se referem às condições utilizadas para a pesquisa.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões

Os resultados encontrados no estudo permitem as seguintes conclusões.

Em relação ao rendimento das cales, conclui-se que existem diferenças entre cales virgens, influenciadas por fabricantes diferenciados, embalagens, processo produtivo, características mineralógicas da matéria-prima entre outras.

Foi verificado também que não existe diferença no rendimento das cales com o período de maturação, para as condições desta pesquisa (um a sete dias), da mesma maneira não existem diferenças relacionando as proporções de água na extinção adotadas pelo presente estudo.

Estes fatores levam às conclusões de que devem ser realizados estudos por fabricantes de argamassas intermediárias em relação ao rendimento das cales, para controlar corretamente a dosagem das argamassas intermediárias, independente se a empresa se utiliza de diferentes fornecedores de cal virgem, pois o processo de produção e temperatura dos fornos, podem influenciar na qualidade da cal virgem.

Assim, devem ser realizadas correções de rendimento das cales no início e ao longo da produção de argamassa intermediária. Uma forma possível é a verificação da densidade do leite da cal. A correção de rendimento pode ser realizada através de uma correlação entre, rendimento e densidade do leite da cal, que não foi apresentado neste trabalho.

As verificações realizadas pelas técnicas de análise térmica diferencial e difração de raios-X mostraram que as cales possuem quantitativos de componentes diferenciados, principalmente em relação a materiais inertes. Mostraram também, que as proporções de extinção estudadas não são influentes no processo para as condições desta pesquisa.

Também foi possível observar qualitativamente a composição mineralógica dos leites das cales que ajudou na interpretação dos resultados de reconstituição de traço. Além disto, foi possível concluir que as cales com 24 horas de maturação já estão hidratadas, para as

condições desta pesquisa, o que permitiu a realização do ensaio de reconstituição de traço. Constatou-se também, que a maior parte dos resíduos retidos pela peneira de 0,075 mm, é constituída de materiais inertes.

Em relação aos ensaios de reconstituição de traço, pode-se concluir que existe diferença entre os dois ensaios avaliados. Desta forma, não podem ser usados indistintamente para avaliar os quantitativos de argamassas intermediárias, pois os resultados serão diferentes. Considera-se mais adequado o ensaio de lavação com água, pois apresentou melhor atendimento aos requisitos da norma britânica BS 4721/81 em relação às proporções de cal hidratada encontradas nas amostras. O que, também, mostrou que as porcentagens de cal hidratada especificadas pela BS 4721/81, para os grupos de argamassas intermediárias estudadas, são coerentes, por isso são passíveis de serem utilizadas como parâmetros para constatação da proporção de cal hidratada no processo de certificação. Parece também ser mais adequada, devido à facilidade da execução do ensaio, por se utilizar equipamentos simples e o risco à saúde ser menor, pois não necessita-se da utilização de produtos químicos.

Ressalta-se ainda, que essa metodologia pode ser facilmente adotada por fabricantes de argamassas intermediárias no controle do produto fabricado, já que o ensaio é simples e eficiente.

Entende-se que este ensaio é fundamental na qualificação de argamassas intermediárias porque mostra que a empresa tem controle na dosagem dos materiais. Logo, deve ser utilizado, e os problemas relativos à dúvidas da eficiência de metodologia de ensaio foram sanados pelo trabalho apresentado. Recomenda-se a utilização de no mínimo, seis amostras, para se obter representatividade.

Para as argamassas mistas estudadas conclui-se que as características das argamassas no estado fresco atendem às recomendações da norma BS 4721/81. Somente a argamassa AeCS1:1:6 não atendeu em relação à retenção de água, mas como já foi comentado, pode ser reduzido o índice de consistência melhorando esta característica. Porém, no estado endurecido, em relação à resistência à compressão axial aos 28 dias, nenhuma das argamassas estudadas atendeu às especificações devido às porcentagens diferenciadas no teor de cimento em relação às utilizadas no estudo e as recomendadas pela norma britânica. Mas, com os dados encontrados foi possível verificar, através de correlações, que as porcentagens de

cimento especificadas pela norma britânica são elevadas, não foram necessárias para que as argamassas estudadas atendessem as especificações.

Complementam-se a isso, os resultados de resistência de aderência à tração em que algumas argamassas atenderam aos limites impostos pela normalização brasileira sem a necessidade de adicionar a porcentagem de cimento indicada pela norma britânica e, assim como na resistência a compressão, a proporção de cimento não necessita ser conforme indica a norma britânica.

Assim, as recomendações da norma britânica devem ser entendidas como um sistema para analisar possíveis não conformidades no produto de argamassa intermediária, e não como recomendações para aplicação, pois como foi mostrado, não há necessidade das porcentagens de cimento indicadas para atender a requisitos de desempenho prático.

O sistema de qualificação de argamassas intermediárias utilizado atualmente, que adota como especificação os requisitos da norma BS 4721/81, está avaliando uma possível não conformidade no produto e, à falta de estudos mais extensos com as argamassas brasileiras, deve ainda ser utilizado pelo sistema de qualificação de produto.

5.2 Recomendações para futuros trabalhos

Para dar continuidade ao trabalho em Argamassas intermediárias sugere-se.

- Aprofundar os estudos relacionados à variação na produção de argamassas intermediárias, suas causas e possíveis problemas na utilização;
- Avaliar a resistência de aderência à tração utilizando proporções de materiais recomendadas pela norma BS 4721/81;
- Avaliar as características, estado fresco e endurecido, de várias argamassas intermediárias, utilizando a dosagem recomendada pelos fabricantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY TESTING AND MATERIALS. **ASTM c 1252 – Uncompacted Void Content of Fine Aggregate (as influenced by Particle Shape, Surface Texture, and Grading)**. Easton, ASTM, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação - NBR 13749**. Rio de Janeiro, ABNT, 1996.

_____. **Cal virgem para a Construção Civil – Requisitos - NBR 6453**. Rio de Janeiro, ABNT, 2001.

_____. **Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão - NBR 7215**. Rio de Janeiro, ABNT, 1996.

_____. **Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento - NBR 7200**. Rio de Janeiro, ABNT, 1998.

_____. **Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Classificação - NBR 13530**. Rio de Janeiro, ABNT, 1995.

_____. **Argamassa para assentamento de paredes e revestimentos de paredes e tetos – Determinação do teor de água para obtenção do índice de consistência-padrão - NBR 13276**. Rio de Janeiro, ABNT, 1995.

_____. **Cal virgem – Determinação do tempo de extinção - NBR 10791**. Rio de Janeiro, ABNT, 1989.

_____. **Agregado para concreto – Especificação - NBR 7211**. Rio de Janeiro, ABNT, 2005.

_____. **Agregados – Determinação da composição granulométrica – método de ensaio – NBR 7217**. Rio de Janeiro, ABNT, 1987.

_____. **Diretrizes para auditorias de sistema de gestão da qualidade e/ou ambiental - NBR 19011**. Rio de Janeiro, ABNT, 2002.

_____. **Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos – NBR ISO 9001**. Rio de Janeiro, ABNT, 2000.

_____. **Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária - NBR 7251**. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.

_____. **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração - NBR 13528**. Rio de Janeiro, ABNT, 1995.

_____. **Cal hidratada para argamassas – Requisitos - NBR 7175**. Rio de Janeiro, ABNT, 1992.

_____. **Cal hidratada para argamassas – Determinação da finura - NBR 9289**. Rio de Janeiro, ABNT, 1998.

_____. **Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massas específica - NM 23**. Rio de Janeiro, ABNT, 2000.

AZEREDO, Hélio Alves de, **Dosagem de argamassas empregadas na construção de edifícios**. Dissertação de mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, EPUSP – CPGECC, Escola politécnica da USP, São Paulo, 1978.

BARTHELMY, David. **Banco de dados de mineralogia**. Disponível em: <http://www.webmineral.com/X-Ray.shtml>.

BASTOS, Pedro K. X. **Retração e desenvolvimento de propriedades mecânicas de argamassas mistas de revestimento**. Tese de doutorado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, EPUSP – CPGECC, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2001.

BENINGFIELD, Neil. Air entrainment of mortar. In: **international brick/block masinry conference**. 8th, 1988, Dublin, Ireland, 19 – 21 September, p 118 – 129.

BONIN, Luiz C.; FEUERHARMEL, Carolina.; CARNEIRO, Arnaldo M. P. Estudo da influência da distribuição granulométrica da areia na trabalhabilidade da argamassa. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, III**, 1999, Vitória, **Anais...** UFES, 22 e 23 de abril. p 371 – 378.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). **Ready-mixed building mortars. Specification.** BS 4721. London. 1981.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). **Methods of testing, screeds and plasters .Physical testing.** BS 4551:Part 1. London. 1998.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). **Methods of testing, screeds and plasters Chemical analysis and aggregate grading.** BS 4551:Part 2. London. 1998.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). **Builnding sands fron natural souces. Specification.** BS 1199. London. 1976.

CALHAU, Eduardo L.; TRISTÃO, Fernando A. Influência do teor de ar incorporado nas propriedades das argamassas de revestimento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, III, 1999, Vitória, **Anais...** UFES, 22 e 23 de abril. p 3 – 26.

CAMPITELI, Vicente C.; MASSARETO, Renato.; RODRIGUES, Paulo de Tarso. Dosagem experimental de argamassas mistas a partir de cal virgem moída. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, I, 1995, Goiânia, **Anais...** UFG-ANTAC, 16 e 17 de Agosto. p 73 – 82.

CARASEK, Helena. **Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substratos porosos – Avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação.** Tese de doutorado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, EPUSP – CPGECC, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1996.

CAVANI, G. R.; ANTUNES, R. P. N.; JOHN, Vanderley. Influência do teor de ar incorporado na trabalhabilidade das argamassas mistas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, II, 1997, Salvador, **Anais...** CEPED/EPUFBA/UCSSAL/UEFS, p 110 – 119.

CINCOTTO, Maria Alba, **Estudo da composição química da cal hidratada produzida no Estado de São Paulo.** Dissertação de mestrado em ciências, EPUSP-CPGECC, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1977.

CINCOTTO, Maria Alba.; SILVA, Maria A. C.; CARASEK, Helena. **Argamassa de revestimento: Características, propriedades e métodos de ensaio**. São Paulo, 1995. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Publicação IPT 2378.

FIORITO, Antonio T. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos – Estudos e procedimentos de execução**. São Paulo: Pini, 1994.

FOSSATI, M. **Apresentação e avaliação de uma metodologia para implementação de sistemas de gestão da qualidade em pequenas empresas de projetos para a construção civil**. 2004. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, UFSC. Florianópolis, 2004.

GUIMARÃES, José Epitácio Passos. **A cal – Fundamentos e Aplicações na Engenharia Civil**. 2.ed. São Paulo: Pini, 2002.

GREEN, K. M.; CARTER, Margaret A.; HOFF, W.D.; WILSON, M.A. The effects of lime and admixtures on the water-retaining properties of cement mortars. **Cement and Concrete Research**, n. 29, P 1743 – 1747, 1999.

HANSEN, E.F.; TAGLE, A.; ERDER, E.; BARON, S.; CONNELL, S.; RODRIGUES-NAVARRO, C.; VAN BALER, K. Effect o ageing on lime putty. Em Historic mortars: Characteristics and tests, Proc of int. **RILEN** Whorkshop (Pro 12) Edited by P. Bartos, C. Groot, J.J. Hugles, Pislej-Scotland, 12-14 th. may 1999. p 197 – 206.

JOHN, Vanderley M. Repensando o papel da cal hidratada nas argamassas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, V, São Paulo, 2003, **Anais...** EPUSP-PCC/ANTAC., 11 a 13 de Junho. p 47 – 62.

KLOSS, César L. **Materiais para construção civil**. 1. ed. Curitiba: CEFET-PR, 1991.

MARTINELLI, Frederico Augusto. **Contribuição ao estudo de dosagem das argamassas mistas destinadas ao assentamento e revestimento de alvenarias**. Dissertação de mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de construção Civil, EPUSP – CPGECC, Escola politécnica da USP, São Paulo, 1989.

MOTTA, Eunice V.; GAVA, Giovana P.; OLIVEIRA, Juliana de. **Avaliação de metodologias para reconstituição de traços de argamassas de cal**. Florianópolis, UFSC,

2002. Disciplina de Tecnologia das Argamassas. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Construção Civil).

NIQUES, Georg's. **Efeito do tempo de maturação na microestrutura de uma cal virgem dolomítica.** Dissertação de mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Construção Civil), PPGECC, UFSC, Florianópolis, 2003.

QUARCIONI, Valdecir A.; CINCOTTO, Maria Alba. **Reconstituição de Traço de Argamassas: Atualização do Método do IPT.** São Paulo, IPT, Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, BT/PCC/207. 1998.

RAGO, Fabiola.; CINCOTTO, Maria Alba. **Influência do tipo de cal hidratada na reologia das pastas.** São Paulo. EPUSP, Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, BT/PCC/233. 1998.

RIBEIRO, Carmen C.; PINTO, Joana D. D. S.; STARLING, Tadeu. **Materiais de construção civil.** 2.ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002.

SABBATINI, Fernando H. Tecnologia de execução de revestimentos de argamassas. In: SIMPÓSIO DE APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DO CONCRETO, VIII, São Paulo, 1990.

SÉBAIBI, Y.; DHEILLY, R. M.; QUÉNEUDEC, M. Study of the water-retention capacity of a lime-sand mortar: Influence of the physicomical characteristics of the lime. **Cement and Concrete Research**, n. 5, P 689 – 696, 2002.

SELMO, Silvia Maria de Souza. **Dosagem de argamassas de cimento Portland e cal para revestimento externo de fachadas de edifícios.** Dissertação de mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, EPUSP – CPGECC, Escola politécnica da USP, São Paulo, 1989.

SILVA, Denise Antunes da,; TRISTÃO, Fernando A.; ROMAN, Humberto R.; SOUZA, Fabrício K. Argamassa Intermediárias de cal e areia para revestimentos: Efeitos das características da areia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, V, São Paulo, 2003, **Anais...** EPUSP-PCC/ANTAC., 11 a 13 de Junho. p 299 – 311.

SILVA, Denise Antunes da. **Efeitos dos polímeros HEC e EVA na microestrutura de pastas de cimento portland**. Tese de Doutorado, Curso de Pós- Graduação em Ciências e Engenharia dos Materiais, UFSC, 2001.

SILVA, Roseany P.; BARROS, Mercia M.S.B.; PILEGGI, Rafael G.; JOHN, Vanderley. Avaliação do comportamento de argamassas através dos métodos de mesa de consistência, Dropping ball e Squeeze Flow. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TÉCNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, VI, Florianópolis, 2005. **Anais...** 23 a 25 de maio. P. 106 – 120.

TRISTÃO, Fernando A.; ROMAN, Humberto R.; SILVA, Denise Antunes da.; GLEIZE, Philippe Jean-Paul. Caracterização das argamassas intermediárias do estado de Santa Catarina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, V, São Paulo, 2003, **Anais...** EPUSP-PCC/ANTAC., 11 a 13 de Junho. p 247 – 258.

TRISTÃO, Fernando Avancini, **Influência da composição granulométrica da areia nas propriedades das argamassa de revestimento**. Dissertação de mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Construção Civil), PPGEC, UFSC, Florianópolis, 1995.

TRISTÃO, Fernando A.; VALDAMERI, Cledison Z.; ROMAN, Humberto R. Análise do método de ensaio de determinação da composição granulométrica de agregados miúdos. In: I COFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. São Paulo, 2004, **Anais...** 18 a 21 de julho.

ANEXO A1

Ensaio de extinção da cal virgem - 200 g de cal virgem extinta

Identificação	Massa da amostra pós hidratação (g)				Média (g)	Desvio (%)	CV (%)
	1	2	3	4			
CS1:2-1	261,10	261,00	261,80	260,30	261,05	0,61	0,24
CS1:3-1	261,70	261,50	260,70	260,80	261,18	0,50	0,19
CS1:4-1	261,60	261,40	261,50	261,30	261,45	0,13	0,05
CS1:2-7	261,40	261,20	261,70	261,40	261,43	0,21	0,08
CB1:2-1	253,70	253,30	253,20	253,00	253,30	0,29	0,12
CB1:3-1	252,70	253,50	253,50	253,30	253,25	0,38	0,15
CB1:4-1	253,90	253,80	253,80	254,00	253,88	0,10	0,04
CB1:3-7	253,20	253,30	253,00	253,30	253,20	0,14	0,06

Identificação	% de aumento de massa das amostras				Média (%)
	1	2	3	4	
CS1:2-1	30,55	30,50	30,90	30,15	30,53
CS1:3-1	30,85	30,75	30,35	30,40	30,59
CS1:4-1	30,80	30,70	30,75	30,65	30,73
CS1:2-7	30,70	30,60	30,85	30,70	30,71
CB1:2-1	26,85	26,65	26,60	26,50	26,65
CB1:3-1	26,35	26,75	26,75	26,65	26,63
CB1:4-1	26,95	26,90	26,90	27,00	26,94
CB1:3-7	26,60	26,65	26,50	26,65	26,60

ANEXO A2

Comparação de múltiplas médias - extinção da cal virgem

Dados	Identificação							
	CS1:2-1	CS1:3-1	CS1:4-1	CS1:2-7	CB1:2-1	CB1:3-1	CB1:4-1	CB1:3-7
Xj	261,05	261,18	261,45	261,43	253,30	253,25	253,88	253,20
Sj	0,61	0,50	0,13	0,21	0,29	0,38	0,10	0,14
nj	4	4	4	4	4	4	4	4
vj	3	3	3	3	3	3	3	3

x.. =	257,34	nh	4					
N =	32	$\sigma d^2 =$	0,11802083	Ordem crescente das médias				
K =	8	$\sigma e^2 =$	17,7199479	CB1:3-7	253,2	x1		
v =	24	$\sigma t^2 =$	17,8379688	CB1:3-1	253,25	x2		
		S_comb						
Sc^2 =	0,11802083	=	0,3435416	CB1:2-1	253,3	x3		
B =	16,547938	Sx =	0,1717708	CB1:4-1	253,88	x4		
K1 =	3,625			CS1:2-1	261,05	x5		
B/K1 =	4,56494841	X2_0,05	14,067	CS1:3-1	261,18	x6		
Verifica-se a igualdade dos desvios				CS1:2-7	261,43	x7		
SQG =	496,984687			CS1:4-1	261,45	x8		
MQG =	70,9978125							
MQR =	0,11802083			GDL =	24			
F =	601,570168	F_0,05 (7;24)	2,42					
Diferença significativa entre médias			rk	2	3	4	5	6
				2,92	3,53	3,9	4,17	4,37
			RK	0,50157074	0,60635093	0,6699061	0,7162842	0,7506384
							0,7798394	0,8038874

ANEXO A2
Comparação de múltiplas médias - extinção da cal virgem

x8 - x1 =	8,25	x4 - x1 =	0,68		x8 - x1 =	Difere	x4 - x1 =	Difere
x8 - x2 =	8,2	x4 - x2 =	0,63		x8 - x2 =	Difere	x4 - x2 =	Difere
x8 - x3 =	8,15	x4 - x3 =	0,58		x8 - x3 =	Difere	x4 - x3 =	Difere
x8 - x4 =	7,57	x3 - x1 =	0,1		x8 - x4 =	Difere	x3 - x1 =	Não difere
x8 - x5 =	0,4	x3 - x2 =	0,05		x8 - x5 =	Não difere	x3 - x2 =	Não difere
x8 - x6 =	0,27	x2 - x1 =	0,05		x8 - x6 =	Não difere	x2 - x1 =	Não difere
x8 - x7 =	0,02				x8 - x7 =	Não difere		
x7 - x1 =	8,23				x7 - x1 =	Difere		
x7 - x2 =	8,18				x7 - x2 =	Difere		
x7 - x3 =	8,13				x7 - x3 =	Difere		
x7 - x4 =	7,55				x7 - x4 =	Difere		
x7 - x5 =	0,38				x7 - x5 =	Não difere		
x7 - x6 =	0,25				x7 - x6 =	Não difere		
x6 - x1 =	7,98				x6 - x1 =	Difere		
x6 - x2 =	7,93				x6 - x2 =	Difere		
x6 - x3 =	7,88				x6 - x3 =	Difere		
x6 - x4 =	7,3				x6 - x4 =	Difere		
x6 - x5 =	0,13				x6 - x5 =	Não difere		
x5 - x1 =	7,85				x5 - x1 =	Difere		
x5 - x2 =	7,8				x5 - x2 =	Difere		
x5 - x3 =	7,75				x5 - x3 =	Difere		
x5 - x4 =	7,17				x5 - x4 =	Difere		

ANEXO A3**Verificação de resíduos retidos na peneira 200**

Identificação	quantidade retida na # 200 (g)	Porcentagem em relação a massa de cal virgem extinta	Porcentagem em relação a massa de cal hidratada
R. CS1:2-1	22,00	11,00	8,43
R. CS1:4-1	23,00	11,50	8,80
R. CB1:2-1	34,10	17,05	13,46
R. CB1:3-7	35,00	17,50	13,82

ANEXO A4
Verificação de valores espúrios - CS1:2-1

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	261,10	261,05	0,61	0,08	0,08	1	não é espúrio
2	261,00			-0,08	0,08	1	não é espúrio
3	261,80			1,22	1,22	1	não é espúrio
4	260,30			-1,22	1,22	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - CS1:3-1

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	261,70	261,18	0,50	1,05	1,05	1	não é espúrio
2	261,50			0,65	0,65	1	não é espúrio
3	260,70			-0,95	0,95	1	não é espúrio
4	260,80			-0,75	0,75	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - CS1:4-1

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	261,60	261,45	0,13	1,16	1,16	1	não é espúrio
2	261,40			-0,39	0,39	1	não é espúrio
3	261,50			0,39	0,39	1	não é espúrio
4	261,30			-1,16	1,16	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - CS1:2-7

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	261,40	261,43	0,21	-0,12	0,12	1	não é espúrio
2	261,20			-1,09	1,09	1	não é espúrio
3	261,70			1,33	1,33	1	não é espúrio
4	261,40			-0,12	0,12	1	não é espúrio

ANEXO A4
Verificação de valores espúrios - CB1:2-1

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	253,70	253,30	0,29	1,36	1,36	1	não é espúrio
2	253,30			0,00	0,00	1	não é espúrio
3	253,20			-0,34	0,34	1	não é espúrio
4	253,00			-1,02	1,02	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - CB1:3-1

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	252,70	253,25	0,38	-1,45	1,45	1	não é espúrio
2	253,50			0,66	0,66	1	não é espúrio
3	253,50			0,66	0,66	1	não é espúrio
4	253,30			0,13	0,13	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - CB1:4-1

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	253,90	253,88	0,10	0,26	0,26	1	não é espúrio
2	253,80			-0,78	0,78	1	não é espúrio
3	253,80			-0,78	0,78	1	não é espúrio
4	254,00			1,31	1,31	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - CB1:3-7

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	253,20	253,20	0,14	0,00	0,00	1	não é espúrio
2	253,30			0,71	0,71	1	não é espúrio
3	253,00			-1,41	1,41	1	não é espúrio
4	253,30			0,71	0,71	1	não é espúrio

ANEXO B1**Cálculo de quantitavos de materiais para reconstituição de traço****Argamassa Intermediária AcCB1:4**

Traço unitário em volume cal hidratada : areia

Cal hidrat.	Areia	Massa unitária areia	1,333	kg/l
1	4	Massa unitária cal	0,609	kg/l

Transformação para massa (kg)

Cal hidrat.	Areia
0,609	5,332

Unitário	Ganho de massa da cal virgem utilizada		
Cal hidrat.	Areia	26,63	%
1	8,755	Valor para correção	1,2663

quantidade de cal virgem (hg)

0,79

Traço cal virgem : areia (kg)

Cal virg.	Areia	Proporção de cal virgem : água para extinção	
0,79	8,755	Cal virg.	Água
		1	2,3

Traço cal virgem : água : areia (kg)

Cal virg.	Água	Areia
0,79	1,816	8,755

Quantidade utilizada no traço (g)

Teor de água na argamassa

			16,00	%
Cal virg.	Água	Areia		
283	650	3130		

ANEXO B1

Cálculo de quantitavos de materiais para reconstituição de traço

Argamassa Intermediária AeCS1:4

Traço unitário em volume cal hidratada : areia

Cal hidrat.	Areia	Massa unitária areia	1,58	kg/l
1	4	Massa unitária cal	0,571	kg/l

Transformação para massa (kg)

Cal hidrat.	Areia
0,571	6,32

Unitário (kg)	Ganho de massa da cal virgem utilizada		
Cal hidrat.	Areia	30,64	%
1	11,068	Valor para correção	1,306

quantidade de cal virgem (kg)

0,77

Traço cal virgem : areia (kg)

Cal virg.	Areia	Proporção de cal virgem : água para extinção	
0,77	11,068	Cal virg.	Água
		1	3

Traço cal virgem : água : areia (kg)

Cal virg.	Água	Areia
0,77	2,297	11,068

Quantidade utilizada no traço (g)

Teor de água na argamassa
16,33 %

Cal virg.	Água	Areia
156	467	2237

ANEXO B1**Cálculo de quantitavos de materiais para reconstituição de traço****Argamassa Intermediária AcCB1:9**

Traço unitário em volume cal hidratada : areia

Cal hidrat.	Areia	Massa unitária areia	1,333	kg/l
1	9	Massa unitária cal	0,609	kg/l

Transformação para massa (kg)

Cal hidrat.	Areia
0,609	11,997

Unitário (kg)	Ganho de massa da cal virgem utilizada		
Cal hidrat.	Areia	26,63	%
1	19,700	Valor para correção	1,2663

quantidade de cal virgem (kg)
0,79

Traço cal virgem : areia

Cal virg.	Areia	kg	Proporção de cal virgem : água para extinção	
0,79	19,700		Cal virg.	Água
			1	3

Traço cal virgem : água : areia (kg)

Cal virg.	Água	Areia
0,79	2,369	19,700

Quantidade utilizada no traço (g)

Cal virg.	Água	Areia	Teor de água na argamassa
132	396	3283	15,91 %
			Água adicionada na areia (g)
			250

ANEXO B1**Cálculo de quantitavos de materiais para reconstituição de traço****Argamassa Intermediária AeCS1:9**

Traço unitário em volume cal hidratada : areia

Cal hidrat. 1	Areia 9	Massa unitária areia Massa unitária cal	1,58 0,571	kg/l kg/l
---------------------	------------	--	---------------	--------------

Transformação para massa
(kg)

Cal hidrat.	Areia
0,571	14,22

Unitário Cal hidrat. 1	Areia 24,904	Ganho de massa da cal virgem utilizada 30,63 % Valor para correção	1,306
---------------------------------	-----------------	--	-------

quantidade de cal virgem (kg)
0,77

Traço cal virgem : areia (kg)

Cal virg.	Areia	Proporção de cal virgem : água para extinção
0,77	24,904	Cal virg. Água 1 3

Traço cal virgem : água : areia (kg)

Cal virg.	Água	Areia
0,77	2,297	24,904

Quantidade utilizada no traço (g)

Cal virg.	Água	Areia	Teor de água na argamassa 16,02 % Água adicionada na areia (g) 390
120	360	3813	

ANEXO B1**Cálculo de quantitavos de materiais para reconstituição de traço****Argamassa Intermediária AcCS1:6**

Traço unitário em volume cal hidratada : areia

Cal hidrat.	Areia	Massa unitária areia	1,333	kg/l
1	6	Massa unitária cal	0,571	kg/l

Transformação para massa
(kg)

Cal hidrat.	Areia
0,571	7,998

Unitário (kg)	Ganho de massa da cal virgem utilizada
1	30,64 %
14,007	Valor para correção 1,306

quantidade de cal virgem (kg)
0,77

Traço cal virgem : areia (kg)

Cal virg.	Areia	Proporção de cal virgem : água para extinção
0,77	14,007	Cal virg. Água
		1 3

Traço cal virgem : água : areia (kg)

Cal virg.	Água	Areia
0,77	2,297	14,007

Quantidade utilizada no traço (g)

Cal virg.	Água	Areia
154	459,4	2801,4

Teor de água na argamassa
15,92 %Água adicionada na areia (g)
100

ANEXO B1**Cálculo de quantitavos de materiais para reconstituição de traço****Argamassa Intermediária AeCB1:6**

Traço unitário em volume cal hidratada : areia

Cal hidrat.	Areia	Massa unitária areia	1,58	kg/l
1	6	Massa unitária cal	0,609	kg/l

Transformação para massa (kg)

Cal hidrat.	Areia
0,609	9,48

Unitário (kg)	Ganho de massa da cal virgem utilizada		
Cal hidrat.	Areia	26,63	%
1	15,567	Valor para correção	1,2663

quantidade de cal virgem (kg)

0,79

Traço cal virgem : areia (kg)

Cal virg.	Areia	Proporção de cal virgem : água para extinção	
0,79	15,567	Cal virg.	Água
		1	3

Traço cal virgem : água : areia (kg)

Cal virg.	Água	Areia
0,79	2,369	15,567

Quantidade utilizada no traço (g)

Cal virg.	Água	Areia	Teor de água na argamassa
158	474	3113,4	16,02 %
			Água adicionada na areia (g)
			150

ANEXO C1

RECONSTITUIÇÃO DE TRAÇO

Método de lavação com água

ARGAMASSA **AeCS1:4**

1 DIA DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,015	92,961	0,00	7,054	92,961	1,000	13,178	12,993	0,182	1,404
2	100,025	92,785	0,00	7,240	92,785	1,000	12,816			
3	100,096	92,875	0,00	7,221	92,875	1,000	12,862			
4	100,123	93,002	0,00	7,121	93,002	1,000	13,060			
5	100,015	92,980	0,00	7,035	92,980	1,000	13,217			
6	100,025	92,789	0,00	7,236	92,789	1,000	12,823			
7 DIAS DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,070	92,250	0,00	7,820	92,250	1,000	11,797	11,757	0,037	0,318
2	100,031	92,154	0,00	7,877	92,154	1,000	11,699			
3	100,032	92,189	0,00	7,843	92,189	1,000	11,754			
4	100,098	92,250	0,00	7,848	92,250	1,000	11,755			
5	100,025	92,200	0,00	7,825	92,200	1,000	11,783			

ANEXO C1

RECONSTITUIÇÃO DE TRAÇO

Método de lavação com ácido

ARGAMASSA **AeCS1:4**

1 DIA DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,015	92,038	0,00	7,977	92,038	1,000	11,538	11,637	0,197	1,695
2	100,011	92,037	0,00	7,974	92,037	1,000	11,542			
3	100,090	92,266	0,00	7,824	92,266	1,000	11,793			
4	100,026	92,296	0,00	7,730	92,296	1,000	11,940			
5	100,015	91,945	0,00	8,070	91,945	1,000	11,393			
6	100,023	92,096	0,00	7,927	92,096	1,000	11,618			
7 DIAS DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,027	91,501	0,00	8,526	91,501	1,000	10,732	10,795	0,056	0,519
2	100,054	91,537	0,00	8,517	91,537	1,000	10,748			
3	100,061	91,586	0,00	8,475	91,586	1,000	10,807			
4	100,065	91,600	0,00	8,465	91,600	1,000	10,821			
5	100,023	91,596	0,00	8,427	91,596	1,000	10,869			

ANEXO C1

RECONSTITUIÇÃO DE TRAÇO

Método de lavação com água

ARGAMASSA **AcCB1:4**

1 DIA DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,380	86,250	5,00	9,591	90,789	1,000	9,467	8,754	0,603	6,884
2	100,037	85,635	5,00	9,895	90,142	1,000	9,110			
3	97,304	83,408	5,00	9,506	87,798	1,000	9,236			
4	100,240	84,903	5,00	10,868	89,372	1,000	8,223			
5	100,095	85,100	5,00	10,516	89,579	1,000	8,518			
6	100,093	84,490	5,00	11,156	88,937	1,000	7,972			
7 DIAS DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,005	85,154	5,00	10,369	89,636	1,000	8,644	8,788	0,338	3,846
2	100,048	85,113	5,00	10,455	89,593	1,000	8,569			
3	100,041	85,230	5,00	10,325	89,716	1,000	8,689			
4	100,068	85,504	5,00	10,064	90,004	1,000	8,943			
5	100,050	85,023	5,00	10,552	89,498	1,000	8,482			
6	100,088	85,941	5,00	9,624	90,464	1,000	9,400			

ANEXO C1

RECONSTITUIÇÃO DE TRAÇO

Método de lavação com ácido

ARGAMASSA

AcCB1:4

1 DIA DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,012	82,072	5,00	13,620	86,392	1,000	6,343	7,242	0,507	7,006
2	100,083	83,924	5,00	11,742	88,341	1,000	7,524			
3	100,019	83,579	5,00	12,041	87,978	1,000	7,306			
4	100,101	83,984	5,00	11,697	88,404	1,000	7,558			
5	100,056	83,163	5,00	12,516	87,540	1,000	6,994			
6	100,061	84,164	5,00	11,467	88,594	1,000	7,726			
7 DIAS DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,086	83,807	5,00	11,868	88,218	1,000	7,433	7,485	0,077	1,030
2	100,154	83,925	5,00	11,812	88,342	1,000	7,479			
3	100,026	83,902	5,00	11,708	88,318	1,000	7,543			
4	100,114	83,762	5,00	11,943	88,171	1,000	7,382			
5	100,106	83,875	5,00	11,817	88,289	1,000	7,472			
6	100,109	84,043	5,00	11,643	88,466	1,000	7,598			

ANEXO C1

RECONSTITUIÇÃO DE TRAÇO

Método de lavação com água

ARGAMASSA **AeCB1:6**

1 DIA DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,050	95,137	0,00	4,913	95,137	1,000	19,364	18,303	0,834	4,555
2	100,051	94,861	0,00	5,190	94,861	1,000	18,278			
3	100,098	94,537	0,00	5,561	94,537	1,000	17,000			
4	100,042	94,705	0,00	5,337	94,705	1,000	17,745			
5	100,089	95,013	0,00	5,076	95,013	1,000	18,718			
6	100,093	95,015	0,00	5,078	95,015	1,000	18,711			
7 DIAS DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,068	95,062	0,00	5,006	95,062	1,000	18,990	18,457	0,342	1,854
2	100,016	94,945	0,00	5,071	94,945	1,000	18,723			
3	100,041	94,888	0,00	5,153	94,888	1,000	18,414			
4	100,068	94,878	0,00	5,190	94,878	1,000	18,281			
5	100,065	94,878	0,00	5,187	94,878	1,000	18,291			
6	100,054	94,800	0,00	5,254	94,800	1,000	18,043			

ANEXO C1

RECONSTITUIÇÃO DE TRAÇO

Método de lavação com ácido

ARGAMASSA

AeCB1:6

1 DIA DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,033	94,180	0,00	5,853	94,180	1,000	16,091	15,760	0,235	1,490
2	100,050	94,069	0,00	5,981	94,069	1,000	15,728			
3	100,070	94,150	0,00	5,920	94,150	1,000	15,904			
4	100,114	94,165	0,00	5,949	94,165	1,000	15,829			
5	100,060	94,023	0,00	6,037	94,023	1,000	15,574			
6	100,076	93,987	0,00	6,089	93,987	1,000	15,436			
7 DIAS DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,065	93,974	0,00	6,091	93,974	1,000	15,428	15,464	0,044	0,288
2	100,003	93,950	0,00	6,053	93,950	1,000	15,521			
3	100,041	93,970	0,00	6,071	93,970	1,000	15,479			
4	100,122	94,028	0,00	6,094	94,028	1,000	15,430			

ANEXO C1

RECONSTITUIÇÃO DE TRAÇO

Método de lavação com água

ARGAMASSA **AcCS1:6**

1 DIA DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,087	87,757	5,00	7,711	92,376	1,000	11,979	11,697	0,230	1,964
3	100,038	87,490	5,00	7,943	92,095	1,000	11,594			
4	100,007	87,338	5,00	8,072	91,935	1,000	11,389			
5	100,053	87,546	5,00	7,899	92,154	1,000	11,666			
6	100,055	87,658	5,00	7,783	92,272	1,000	11,855			
7 DIAS DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,038	87,658	5,00	7,766	92,272	1,000	11,881	11,861	0,373	3,145
2	100,025	87,985	5,00	7,409	92,616	1,000	12,500			
3	100,003	87,546	5,00	7,849	92,154	1,000	11,740			
4	100,057	87,598	5,00	7,849	92,208	1,000	11,748			
5	100,065	87,369	5,00	8,098	91,967	1,000	11,357			
6	100,047	87,698	5,00	7,733	92,314	1,000	11,937			

ANEXO C1

RECONSTITUIÇÃO DE TRAÇO

Método de lavação com ácido

ARGAMASSA **AcCS1:6**

1 DIA DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,041	87,200	5,00	8,252	91,789	1,000	11,124	11,036	0,116	1,056
2	100,078	87,147	5,00	8,344	91,734	1,000	10,994			
3	100,030	87,147	5,00	8,296	91,734	1,000	11,057			
4	100,104	87,079	5,00	8,442	91,662	1,000	10,858			
5	100,039	87,214	5,00	8,235	91,804	1,000	11,148			
7 DIAS DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,020	87,420	5,00	7,999	92,021	1,000	11,504	11,244	0,575	5,114
2	100,017	87,673	5,00	7,730	92,287	1,000	11,939			
3	100,005	87,250	5,00	8,163	91,842	1,000	11,251			
4	100,054	86,565	5,00	8,933	91,121	1,000	10,201			
5	100,117	87,325	5,00	8,196	91,921	1,000	11,215			
6	100,017	87,325	5,00	8,096	91,921	1,000	11,354			

ANEXO C1

RECONSTITUIÇÃO DE TRAÇO

Método de lavação com água

ARGAMASSA **AcCB1:9**

1 DIA DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,072	88,683	5,00	6,721	93,351	1,000	13,888	14,090	0,505	3,583
2	100,003	88,936	5,00	6,386	93,617	1,000	14,659			
3	100,027	88,779	5,00	6,575	93,452	1,000	14,212			
4	100,064	88,362	5,00	7,051	93,013	1,000	13,191			
5	100,063	88,856	5,00	6,530	93,533	1,000	14,323			
6	100,008	88,785	5,00	6,550	93,458	1,000	14,268			
7 DIAS DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,062	88,698	5,00	6,696	93,366	1,000	13,944	13,813	0,237	1,714
2	100,008	88,548	5,00	6,800	93,208	1,000	13,708			
3	100,036	88,621	5,00	6,751	93,285	1,000	13,819			
4	100,054	88,798	5,00	6,582	93,472	1,000	14,200			
5	100,041	88,568	5,00	6,812	93,229	1,000	13,687			
6	100,001	88,458	5,00	6,887	93,114	1,000	13,520			

ANEXO C1

RECONSTITUIÇÃO DE TRAÇO

Método de lavação com ácido

ARGAMASSA **AcCB1:9**

1 DIA DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,136	87,404	5,00	8,132	92,004	1,000	11,314	11,312	0,177	1,563
2	100,041	87,375	5,00	8,067	91,974	1,000	11,401			
4	100,101	87,232	5,00	8,278	91,823	1,000	11,093			
5	100,000	87,431	5,00	7,967	92,033	1,000	11,551			
6	100,017	87,230	5,00	8,196	91,821	1,000	11,203			
7 DIAS DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,100	87,500	5,00	7,995	92,105	1,000	11,521	11,472	0,068	0,595
2	100,056	87,459	5,00	7,994	92,062	1,000	11,517			
3	100,025	87,369	5,00	8,058	91,967	1,000	11,414			
4	100,048	87,457	5,00	7,988	92,060	1,000	11,525			
5	100,036	87,359	5,00	8,079	91,957	1,000	11,382			

ANEXO C1

RECONSTITUIÇÃO DE TRAÇO

Método de lavação com água

ARGAMASSA **AeCs1:9**

1 DIA DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,054	96,463	0,00	3,591	96,463	1,000	26,862	26,662	0,579	2,171
2	100,008	96,291	0,00	3,717	96,291	1,000	25,906			
3	100,012	96,428	0,00	3,584	96,428	1,000	26,905			
4	100,017	96,321	0,00	3,696	96,321	1,000	26,061			
5	100,015	96,500	0,00	3,515	96,500	1,000	27,454			
6	100,025	96,425	0,00	3,600	96,425	1,000	26,785			
7 DIAS DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,022	96,413	0,00	3,609	96,413	1,000	26,715	26,231	0,748	2,853
2	100,016	96,304	0,00	3,712	96,304	1,000	25,944			
3	100,030	96,179	0,00	3,851	96,179	1,000	24,975			
4	100,061	96,429	0,00	3,632	96,429	1,000	26,550			
5	100,052	96,358	0,00	3,694	96,358	1,000	26,085			
6	100,036	96,478	0,00	3,558	96,478	1,000	27,116			

ANEXO C1

RECONSTITUIÇÃO DE TRAÇO

Método de lavação com ácido

ARGAMASSA **AeCs1:9**

1 DIA DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,000	95,733	0,00	4,267	95,733	1,000	22,436	22,393	0,169	0,754
2	100,019	95,704	0,00	4,315	95,704	1,000	22,179			
3	100,042	95,764	0,00	4,278	95,764	1,000	22,385			
4	100,086	95,795	0,00	4,291	95,795	1,000	22,325			
5	100,052	95,820	0,00	4,232	95,820	1,000	22,642			
7 DIAS DE MATURAÇÃO										
Amostra	Massa seca (g)	Massa após lavação (g)	% material pulverulento	Quantidade (g)		Traço em massa (g)		Teor de areia médio (g)	Desvio padrão SD	CV
				Cal hidratada	Areia	Cal hidratada	Areia			
1	100,036	95,771	0,00	4,265	95,771	1,000	22,455	22,492	0,073	0,324
2	100,053	95,800	0,00	4,253	95,800	1,000	22,525			
3	100,041	95,795	0,00	4,246	95,795	1,000	22,561			
4	100,054	95,803	0,00	4,251	95,803	1,000	22,537			
5	100,031	95,753	0,00	4,278	95,753	1,000	22,383			

ANEXO C2

Verificação de valores espúrios - AeCS1:4 - Água - 1 dia de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	13,18	12,99	0,18	1,02	1,02	1	não é espúrio
2	12,82			-0,97	0,97	1	não é espúrio
3	12,86			-0,72	0,72	1	não é espúrio
4	13,06			0,37	0,37	1	não é espúrio
5	13,22			1,23	1,23	1	não é espúrio
6	12,82			-0,93	0,93	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - AeCS1:4 - Água - 7 dias de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	11,80	11,84	0,21	-0,22	0,22	1	não é espúrio
2	11,70			-0,68	0,68	1	não é espúrio
3	12,27			2,02	2,02	2	é espúrio
4	11,75			-0,42	0,42	1	não é espúrio
5	11,75			-0,42	0,42	1	não é espúrio
6	11,78			-0,28	0,28	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - AeCS1:4 - Água - 7 dias de maturação

Relação teor de areia - retirado valor espúrio

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	11,80	11,76	0,04	1,05	1,05	1	não é espúrio
2	11,70			-1,56	1,56	1	não é espúrio
3	11,75			-0,09	0,09	1	não é espúrio
4	11,75			-0,08	0,08	1	não é espúrio
5	11,78			0,68	0,68	1	não é espúrio

ANEXO C2

Verificação de valores espúrios - AeCS1:4 - Ácido - 1 dia de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	11,54	11,64	0,20	-0,54	0,54	1	não é espúrio
2	11,54			-0,52	0,52	1	não é espúrio
3	11,79			0,85	0,85	1	não é espúrio
4	11,94			1,66	1,66	1	não é espúrio
5	11,39			-1,34	1,34	1	não é espúrio
6	11,62			-0,11	0,11	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - AeCS1:4 - Ácido - 7 dias de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	10,73	10,86	0,16	-0,77	0,77	1	não é espúrio
2	10,75			-0,68	0,68	1	não é espúrio
3	10,81			-0,32	0,32	1	não é espúrio
4	10,82			-0,23	0,23	1	não é espúrio
5	11,18			1,94	1,94	2	é espúrio
6	10,87			0,06	0,06	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - AeCS1:4 - Ácido - 7 dias de maturação

Relação teor de areia - retirado valor espúrio

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	10,73	10,80	0,06	-1,13	1,13	1	não é espúrio
2	10,75			-0,85	0,85	1	não é espúrio
3	10,81			0,20	0,20	1	não é espúrio
4	10,82			0,46	0,46	1	não é espúrio
5	10,87			1,32	1,32	1	não é espúrio

ANEXO C2

Verificação de valores espúrios - AcCB1:4 - Água - 1 dia de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	9,47	8,75	0,60	1,18	1,18	1	não é espúrio
2	9,11			0,59	0,59	1	não é espúrio
3	9,24			0,80	0,80	1	não é espúrio
4	8,22			-0,88	0,88	1	não é espúrio
5	8,52			-0,39	0,39	1	não é espúrio
6	7,97			-1,30	1,30	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - AcCB1:4 - Água - 7 dias de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	8,64	8,79	0,34	-0,42	0,42	1	não é espúrio
2	8,57			-0,65	0,65	1	não é espúrio
3	8,69			-0,29	0,29	1	não é espúrio
4	8,94			0,46	0,46	1	não é espúrio
5	8,48			-0,91	0,91	1	não é espúrio
6	9,40			1,81	1,81	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - AcCB1:4 - Ácido - 1 dia de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	6,34	7,24	0,51	-1,77	1,77	1	não é espúrio
2	7,52			0,56	0,56	1	não é espúrio
3	7,31			0,13	0,13	1	não é espúrio
4	7,56			0,62	0,62	1	não é espúrio
5	6,99			-0,49	0,49	1	não é espúrio
6	7,73			0,95	0,95	1	não é espúrio

ANEXO C2

Verificação de valores espúrios - AcCB1:4 - Ácido - 7 dias de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	7,43	7,48	0,08	-0,67	0,67	1	não é espúrio
2	7,48			-0,07	0,07	1	não é espúrio
3	7,54			0,76	0,76	1	não é espúrio
4	7,38			-1,33	1,33	1	não é espúrio
5	7,47			-0,17	0,17	1	não é espúrio
6	7,60			1,48	1,48	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - AeCB1:6 - Água - 1 dia de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	19,36	18,30	0,83	1,27	1,27	1	não é espúrio
2	18,28			-0,03	0,03	1	não é espúrio
3	17,00			-1,56	1,56	1	não é espúrio
4	17,74			-0,67	0,67	1	não é espúrio
5	18,72			0,50	0,50	1	não é espúrio
6	18,71			0,49	0,49	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - AeCB1:6 - Água - 7 dias de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	18,99	18,46	0,34	1,56	1,56	1	não é espúrio
2	18,72			0,78	0,78	1	não é espúrio
3	18,41			-0,13	0,13	1	não é espúrio
4	18,28			-0,51	0,51	1	não é espúrio
5	18,29			-0,48	0,48	1	não é espúrio
6	18,04			-1,21	1,21	1	não é espúrio

ANEXO C2

Verificação de valores espúrios - AeCB1:6 - Ácido - 1 dia de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	16,09	15,76	0,23	1,41	1,41	1	não é espúrio
2	15,73			-0,14	0,14	1	não é espúrio
3	15,90			0,61	0,61	1	não é espúrio
4	15,83			0,29	0,29	1	não é espúrio
5	15,57			-0,79	0,79	1	não é espúrio
6	15,44			-1,38	1,38	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - AeCB1:6 - Ácido - 7 dias de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	13,73	15,11	0,69	-1,99	1,99	2	é espúrio
2	15,43			0,45	0,45	1	não é espúrio
3	15,52			0,59	0,59	1	não é espúrio
4	15,48			0,53	0,53	1	não é espúrio
5	15,43			0,46	0,46	1	não é espúrio
6	15,09			-0,04	0,04	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - AeCB1:6 - Ácido - 7 dias de maturação

Relação teor de areia - Retirado valor espúrio

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	15,43	15,39	0,17	0,23	0,23	1	não é espúrio
2	15,52			0,77	0,77	1	não é espúrio
3	15,48			0,52	0,52	1	não é espúrio
4	15,43			0,23	0,23	1	não é espúrio
5	15,09			-1,74	1,74	2	é espúrio

ANEXO C2

Verificação de valores espúrios - AeCB1:6 - Ácido - 7 dias de maturação

Relação teor de areia - Retirado valor espúrio

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	15,43	15,46	0,04	-0,81	0,81	1	não é espúrio
2	15,52			1,28	1,28	1	não é espúrio
3	15,48			0,32	0,32	1	não é espúrio
4	15,43			-0,78	0,78	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - AcCS1:6 - Água - 1 dia de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	11,98	11,50	0,51	0,93	0,93	1	não é espúrio
2	10,55			-1,87	1,87	2	é espúrio
3	11,59			0,17	0,17	1	não é espúrio
4	11,39			-0,23	0,23	1	não é espúrio
5	11,67			0,31	0,31	1	não é espúrio
6	11,85			0,68	0,68	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - AcCS1:6 - Água - 1 dia de maturação

Relação teor de areia - Retirado valor espúrio

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	11,98	11,70	0,23	1,23	1,23	1	não é espúrio
2	11,59			-0,45	0,45	1	não é espúrio
3	11,39			-1,34	1,34	1	não é espúrio
4	11,67			-0,13	0,13	1	não é espúrio
5	11,85			0,69	0,69	1	não é espúrio

ANEXO C2

Verificação de valores espúrios - AcCS1:6 - Água - 7 dias de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	11,88	11,86	0,37	0,05	0,05	1	não é espúrio
2	12,50			1,71	1,71	1	não é espúrio
3	11,74			-0,32	0,32	1	não é espúrio
4	11,75			-0,30	0,30	1	não é espúrio
5	11,36			-1,35	1,35	1	não é espúrio
6	11,94			0,20	0,20	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - AcCS1:6 - Ácido - 1 dia de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	11,12	10,94	0,25	0,72	0,72	1	não é espúrio
2	10,99			0,21	0,21	1	não é espúrio
3	11,06			0,45	0,45	1	não é espúrio
4	10,86			-0,33	0,33	1	não é espúrio
5	10,47			-1,86	1,86	2	é espúrio
6	11,15			0,81	0,81	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - AcCS1:6 - Ácido - 1 dia de maturação

Relação teor de areia - Retirado valor espúrio

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	11,12	11,04	0,12	0,75	0,75	1	não é espúrio
2	10,99			-0,37	0,37	1	não é espúrio
3	11,06			0,18	0,18	1	não é espúrio
4	10,86			-1,53	1,53	1	não é espúrio
5	11,15			0,96	0,96	1	não é espúrio

ANEXO C2

Verificação de valores espúrios - AcCS1:6 - Ácido - 7 dias de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	11,50	11,24	0,57	0,45	0,45	1	não é espúrio
2	11,94			1,21	1,21	1	não é espúrio
3	11,25			0,01	0,01	1	não é espúrio
4	10,20			-1,81	1,81	1	não é espúrio
5	11,22			-0,05	0,05	1	não é espúrio
6	11,35			0,19	0,19	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - AcCB1:9 - Água - 1 dia de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	13,89	14,09	0,50	-0,40	0,40	1	não é espúrio
2	14,66			1,13	1,13	1	não é espúrio
3	14,21			0,24	0,24	1	não é espúrio
4	13,19			-1,78	1,78	1	não é espúrio
5	14,32			0,46	0,46	1	não é espúrio
6	14,27			0,35	0,35	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - AcCB1:9 - Água - 7 dias de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	13,94	13,81	0,24	0,55	0,55	1	não é espúrio
2	13,71			-0,44	0,44	1	não é espúrio
3	13,82			0,02	0,02	1	não é espúrio
4	14,20			1,64	1,64	1	não é espúrio
5	13,69			-0,53	0,53	1	não é espúrio
6	13,52			-1,24	1,24	1	não é espúrio

ANEXO C2

Verificação de valores espúrios - AcCB1:9 - Ácido - 1 dia de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	11,31	11,51	0,50	-0,38	0,38	1	não é espúrio
2	11,40			-0,21	0,21	1	não é espúrio
3	12,48			1,94	1,94	2	é espúrio
4	11,09			-0,82	0,82	1	não é espúrio
5	11,55			0,09	0,09	1	não é espúrio
6	11,20			-0,60	0,60	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - AcCB1:9- Ácido - 1 dia de maturação

Relação teor de areia - Retirado valor espúrio

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	11,31	11,31	0,18	0,01	0,01	1	não é espúrio
2	11,40			0,50	0,50	1	não é espúrio
3	11,09			-1,24	1,24	1	não é espúrio
4	11,55			1,35	1,35	1	não é espúrio
5	11,20			-0,62	0,62	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - AcCB1:9 - Ácido - 7 dias de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	11,52	11,55	0,19	-0,13	0,13	1	não é espúrio
2	11,52			-0,15	0,15	1	não é espúrio
3	11,41			-0,69	0,69	1	não é espúrio
4	11,52			-0,11	0,11	1	não é espúrio
5	11,38			-0,85	0,85	1	não é espúrio
6	11,92			1,94	1,94	2	é espúrio

ANEXO C2

Verificação de valores espúrios - AcCB1:9 - Ácido - 7 dias de maturação

Relação teor de areia - retirado valor espúrio

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	11,52	11,47	0,07	0,72	0,72	1	não é espúrio
2	11,52			0,66	0,66	1	não é espúrio
3	11,41			-0,85	0,85	1	não é espúrio
4	11,52			0,78	0,78	1	não é espúrio
5	11,38			-1,31	1,31	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - AeCs1:9 - Água - 1 dia de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	26,86	26,66	0,58	0,35	0,35	1	não é espúrio
2	25,91			-1,31	1,31	1	não é espúrio
3	26,91			0,42	0,42	1	não é espúrio
4	26,06			-1,04	1,04	1	não é espúrio
5	27,45			1,37	1,37	1	não é espúrio
6	26,78			0,21	0,21	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - AeCs1:9 - Água - 7 dias de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	26,71	26,23	0,75	0,65	0,65	1	não é espúrio
2	25,94			-0,38	0,38	1	não é espúrio
3	24,98			-1,68	1,68	1	não é espúrio
4	26,55			0,43	0,43	1	não é espúrio
5	26,09			-0,19	0,19	1	não é espúrio
6	27,12			1,18	1,18	1	não é espúrio

ANEXO C2

Verificação de valores espúrios - AeCs1:9 - Ácido - 1 dia de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	22,44	22,55	0,41	-0,28	0,28	1	não é espúrio
2	22,18			-0,90	0,90	1	não é espúrio
3	22,39			-0,40	0,40	1	não é espúrio
4	22,32			-0,55	0,55	1	não é espúrio
5	22,64			0,22	0,22	1	não é espúrio
6	23,33			1,90	1,90	2	é espúrio

Verificação de valores espúrios - AeCs1:9 - Ácido - 1 dia de maturação

Relação teor de areia - retirado valor espúrio

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	22,44	22,39	0,17	0,25	0,25	1	não é espúrio
2	22,18			-1,27	1,27	1	não é espúrio
3	22,39			-0,05	0,05	1	não é espúrio
4	22,32			-0,41	0,41	1	não é espúrio
5	22,64			1,47	1,47	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios - AeCs1:9 - Ácido - 7 dias de maturação

Relação teor de areia

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	22,46	22,42	0,19	0,19	0,19	1	não é espúrio
2	22,53			0,56	0,56	1	não é espúrio
3	22,56			0,75	0,75	1	não é espúrio
4	22,05			-1,92	1,92	2	é espúrio
5	22,54			0,62	0,62	1	não é espúrio
6	22,38			-0,19	0,19	1	não é espúrio

ANEXO C2

Verificação de valores espúrios - AeCs1:9 - Ácido - 7 dias de maturação

Relação teor de areia - Retirado valor espúrio

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	22,46	22,49	0,07	-0,51	0,51	1	não é espúrio
2	22,53			0,45	0,45	1	não é espúrio
3	22,56			0,95	0,95	1	não é espúrio
4	22,54			0,61	0,61	1	não é espúrio
5	22,38			-1,50	1,50	1	não é espúrio

ANEXO D1

Análise fatorial reconstituição

Arg. AeCS1:4	Maturação (dias)						Tj
Tipo de ensaio	1			7			
Água	13,179	13,06	77,956	11,797	11,755	58,788	136,744
	12,816	13,216		11,699	11,783		
	12,862	12,823	6	11,754		5	
Ácido	11,538	11,94	69,824	10,732	10,821	53,977	123,801
	11,542	11,393		10,748	10,869		
	11,793	11,618	6	10,807		5	
Ti	147,78			112,765			260,545

SQT = 14,09

SQ tratamento = 13,71

Tabela ANOVA

Fonte	SQ	GDL	MQ	F
Entre tratamentos	13,71	3	4,57	216,901
Dentro	0,38	18	0,02	
Total	14,09	21		

F (3,18) = 3,16

Existe influência dos tratamentos

SQmaturação = 5,88

SQensaio = 7,61

Sqmaturaçãoxensaio = 0,21

Tabela ANOVA

Fonte	SQ	GDL	MQ	F	F α
Maturação	5,88	1	5,88	279,24	F(1,18) = 4,41
Ensaio	7,61	1	7,61	361,46	F(1,18) = 4,41
Matxens	0,21	1	0,21	10,00	F(1,18) = 4,41
Dentro	0,38	18	0,02		
Total	14,09	21			

Existe influência significativa da maturação

Existe influência significativa do tipo de ensaio

Existe influência da inter-relação

ANEXO D2

Análise fatorial reconstrução

Arg. AcCB1:4	Maturação (dias)						Tj
Tipo de ensaio	1			7			
Água	9,467	8,223	52,526	8,644	8,943	52,727	105,253
	9,11	8,518		8,569	8,482		
	9,236	7,972	6	8,689	9,4	6	
Ácido	6,343	7,558	43,451	7,433	7,382	44,907	88,358
	7,524	6,994		7,479	7,472		
	7,306	7,726	6	7,543	7,598	6	
Ti	95,977			97,634			193,611

SQT = 15,78

SQ tratamento = 12,07

Tabela ANOVA

Fonte	SQ	GDL	MQ	F
Entre tratamentos	12,07	3	4,02	21,728
Dentro	3,70	20	0,19	
Total	15,78	23		

F (3,20) = 3,1

Existe influência dos tratamentos

SQmaturação = 0,11

SQensaio = 11,89

Sqmaturaçãoxensaio = 0,07

Tabela ANOVA

Fonte	SQ	GDL	MQ	F	F α	
Maturação	0,11	1	0,11	0,62	F(1,20) =	4,35
Ensaio	11,89	1	11,89	64,21	F(1,20) =	4,35
Matxens	0,07	1	0,07	0,35	F(1,20) =	4,35
Dentro	3,70	20	0,19			
Total	15,78	23				

Não existe influência singificativa da maturação

Existe influência significativa do tipo de ensaio

Não existe influência da inter-relação

ANEXO D3

Análise fatorial reconstrução

Arg. AeCB1:6	Maturação (dias)						Tj
Tipo de ensaio	1			7			
Água	19,364	17,745	109,816	18,99	18,281	110,742	220,558
	18,278	18,718		18,723	18,291		
	17	18,711		6	18,414		
Ácido	16,091	15,829	94,562	15,428	15,43	61,858	156,42
	15,728	15,574		15,521			
	15,904	15,436		6	15,479		
Ti	204,378			172,6			376,978

SQT = 45,51

SQ tratamento = 41,17

Tabela ANOVA

Fonte	SQ	GDL	MQ	F
Entre tratamentos	41,17	3	13,72	56,882
Dentro	4,34	18	0,24	
Total	45,51	21		

F (3,18) = 3,16

Existe influência dos tratamentos

SQmaturação = 0,28

SQensaio = 40,89

Sqmaturaçãoxensaio = 0,00

Tabela ANOVA

Fonte	SQ	GDL	MQ	F	F α	
Maturação	0,28	1	0,28	1,18	F(1,18) =	4,41
Ensaio	40,89	1	40,89	169,48	F(1,18) =	4,41
Matxens	0,00	1	0,00	-0,01	F(1,18) =	4,41
Dentro	4,34	18	0,24			
Total	45,51	21				

Não existe influência significativa da maturação

Existe influência significativa do tipo de ensaio

Não existe influência da inter-relação

ANEXO D4

Análise fatorial reconstrução

Arg. AcCS1:6	Maturação (dias)						Tj
Tipo de ensaio	1			7			
Água	11,979	11,666	58,483	11,881	11,748	71,163	129,646
	11,594	11,855		12,5	11,357		
	11,389	5		11,74	11,937		
Ácido	11,124	10,858	55,181	11,504	10,201	67,464	122,645
	10,994	11,148		11,939	11,215		
	11,057	5		11,251	11,354		
Ti	113.664			138.627			252,291

SQT = 5,03

SQ tratamento = 2,42

Tabela ANOVA

Fonte	SQ	GDL	MQ	F
Entre tratamentos	2,42	3	0,81	5,555
Dentro	2,61	18	0,15	
Total	5,03	21		

F (3,18) = 3,16

Existe influência dos tratamentos

SQmaturação = 0,19

SQensaio = 2,23

Sqmaturaçãoxensaio = 0,00

Tabela ANOVA

Fonte	SQ	GDL	MQ	F	Fα	
Maturação	0,19	1	0,19	1,30	F(1,18) =	4,41
Ensaio	2,23	1	2,23	15,35	F(1,18) =	4,41
Matxens	0,00	1	0,00	0,02	F(1,18) =	4,41
Dentro	2,61	18	0,15			
Total	5,03	21				

Não existe influência significativa da maturação

Existe influência significativa do tipo de ensaio

Não existe influência da inter-relação

ANEXO D5

Análise fatorial reconstituição

Arg. AcCB1:9	Maturação (dias)						Tj
Tipo de ensaio	1			7			
Água	13,888	13,191	84,541	13,944	14,2	82,878	167,419
	14,659	14,323		13,708	13,687		
	14,212	14,268		6	13,819		
Ácido	11,314	11,551	56,562	11,521	11,525	57,359	113,921
	11,401	11,203		11,517	11,382		
	11,093	5		11,414	5		
Ti	141,103			140,237			281,34

SQT = 37,72

SQ tratamento = 36,03

Tabela ANOVA

Fonte	SQ	GDL	MQ	F
Entre tratamentos	36,03	3	12,01	127,383
Dentro	1,70	18	0,09	
Total	37,72	21		

F (3,18) = 3,16

Existe influência dos tratamentos

SQmaturação = 0,03

SQensaio = 35,73

Sqmaturaçãoxensaio = 0,26

Tabela ANOVA

Fonte	SQ	GDL	MQ	F	F α	
Maturação	0,03	1	0,03	0,36	F(1,18) =	4,41
Ensaio	35,73	1	35,73	379,03	F(1,18) =	4,41
Matxens	0,26	1	0,26	2,76	F(1,18) =	4,41
Dentro	1,70	18	0,09			
Total	37,72	21				

Não existe influência significativa da maturação

Existe influência significativa do tipo de ensaio

Não existe influência da inter-relação

ANEXO D6

Análise fatorial reconstrução

Arg. AeCS1:9	Maturação (dias)						Tj
Tipo de ensaio	1			7			
Água	26,862	26,061	159,973	26,715	26,55	157,385	317,358
	25,906	27,454		25,944	26,085		
	26,905	26,785	6	24,975	27,116	6	
Ácido	22,436	22,325	111,967	22,455	22,437	112,361	224,328
	22,179	22,642		22,525	22,383		
	22,385		5	22,561		5	
Ti	271,94			269,746			541,686

SQT = 93,05

SQ tratamento = 88,45

Tabela ANOVA

Fonte	SQ	GDL	MQ	F
Entre tratamentos	88,45	3	29,48	115,135
Dentro	4,61	18	0,26	
Total	93,05	21		

F (3,18) = 3,16

Existe influência dos tratamentos

SQmaturação = 0,22

SQensaio = 87,87

Sqmaturaçãoxensaio = 0,35

Tabela ANOVA

Fonte	SQ	GDL	MQ	F	F α	
Maturação	0,22	1	0,22	0,85	F(1,18) =	4,41
Ensaio	87,87	1	87,87	343,16	F(1,18) =	4,41
Matxens	0,35	1	0,35	1,39	F(1,18) =	4,41
Dentro	4,61	18	0,26			
Total	93,05	21				

Não existe influência singificativa da maturação

Existe influência significativa do tipo de ensaio

Não existe influência da inter-relação

ANEXO E1

Resultados de retenção de água

valores (%)	Argamassa					
	AeCS1:2:9	AcCS1:2:9	AcCB1:2:9	AeCS1:1:6	AcCS1:1:6	AcCB1:1:6
1	90,91	93,71	97,2	88,29	90,95	93,86
2	92	92,96	95,58	86,93	89,86	93,36
3	90,93	93,37		87,36		92,82
média	91,28	93,35	96,39	87,53	90,41	93,35
desvio	0,51	0,31	0,81	0,57	0,54	0,42
CV	0,56	0,33	0,84	0,65	0,60	0,45

**ANEXO
E2**
Comparação de múltiplas médias - Retenção de água

Dados	Identificação					
	AeCS1:2:9	AcCS1:2:9	AcCB1:2:9	AeCS1:1:6	AcCS1:1:6	AcCB1:1:6
X _j	91,28	93,35	96,39	87,53	90,41	93,35
S _j	0,51	0,31	0,81	0,57	0,54	0,42
n _j	3	3	2	3	2	3
v _j	2	2	1	2	1	2

x.. =	92,05	nh	2,57142857			
N =	16	od ² =	0,2664725	Ordem crescente das médias		
K =	6	oe ² =	8,9440386	AeCS1:1:6	87,53	x1
v =	10	ot ² =	9,2105111	AcCS1:1:6	90,41	x2
Sc ² =	0,2664725	S _{comb} =	0,51620974	AeCS1:2:9	91,28	x3
B =	1,52988481	Sx =	0,32191333	AcCS1:2:9	93,35	x4
K1 =	4,9			AcCB1:1:6	93,35	x5
B/K1 =	0,31222139	X2_0,05	11,07	AcCB1:2:9	96,39	x6
Verifica-se a igualdade dos desvios						
SQG =	116,327144					
MQG =	23,2654289					
MQR =	0,2664725	GDL = 10				
F =	87,3089301	F_0,05 (5;10)	3,33			
Diferença significativa entre médias				rk	2	3
					3,15	3,88
				RK	1,014027	1,24902373
					1,3938847	1,4743631
					1,5516223	4,82

ANEXO E2

$x4 - x1 =$	5,82	$x4 - x1 =$	Difere
$x4 - x2 =$	2,94	$x4 - x2 =$	Difere
$x4 - x3 =$	2,07	$x4 - x3 =$	Difere
$x3 - x1 =$	3,75	$x3 - x1 =$	Difere
$x3 - x2 =$	0,87	$x3 - x2 =$	Não difere
$x2 - x1 =$	2,88	$x2 - x1 =$	Difere
$x6 - x1 =$	8,86	$x6 - x1 =$	Difere
$x6 - x2 =$	5,98	$x6 - x2 =$	Difere
$x6 - x3 =$	5,11	$x6 - x3 =$	Difere
$x6 - x4 =$	3,04	$x6 - x4 =$	Difere
$x6 - x5 =$	3,04	$x6 - x5 =$	Difere
$x5 - x1 =$	5,82	$x5 - x1 =$	Difere
$x5 - x2 =$	2,94	$x5 - x2 =$	Difere
$x5 - x3 =$	2,07	$x5 - x3 =$	Difere
$x5 - x4 =$	0	$x5 - x4 =$	Não difere

ANEXO F1

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

Argamassa AeCS1:2:9

Corpo de prova	Carga de ruptura	Tensão	Média (MPa)	Desvio	CV
	(N)	(MPa)			
1,00	9020,00	0,90	0,90	0,04	4,50
2,00	9460,00	0,95			
3,00	8480,00	0,85			
4,00	9120,00	0,91			

Argamassa AcCS1:2:9

Corpo de prova	Carga de ruptura	Tensão	Média (MPa)	Desvio	CV
	(N)	(MPa)			
1	12340	1,234	1,239	0,098	7,895
2	12560	1,256			
3	13520	1,352			
4	11140	1,114			

Argamassa AcCB1:2:9

Corpo de prova	Carga de ruptura	Tensão	Média (MPa)	Desvio	CV
	(N)	(MPa)			
1	11200	1,120	1,099	0,034	3,097
2	11340	1,134			
3	10820	1,082			
4	10600	1,060			

Argamassa AeCS1:1:6

Corpo de prova	Carga de ruptura	Tensão	Média (MPa)	Desvio	CV
	(N)	(MPa)			
1	17720	1,772	1,831	0,062	3,387
2	18800	1,880			
3	18880	1,888			
4	17820	1,782			

Argamassa AcCS1:1:6

Corpo de prova	Carga de ruptura	Tensão	Média (MPa)	Desvio	CV
	(N)	(MPa)			
1	25760	2,576	2,521	0,050	1,971
2	24580	2,458			
3	25380	2,538			
4	25100	2,510			

Argamassa AcCB1:1:6

Corpo de prova	Carga de ruptura	Tensão	Média (MPa)	Desvio	CV
	(N)	(MPa)			
1	23900	2,390	2,175	0,205	9,424
2	19140	1,914			
3	22700	2,270			
4	21240	2,124			

ANEXO F2
Comparação de múltiplas médias - Resistência à compressão

Dados	Identificação					
	AeCS1:2:9	AcCS1:2:9	AcCB1:2:9	AeCS1:1:6	AcCS1:1:6	AcCB1:1:6
Xj	0,90	1,24	1,10	1,83	2,52	2,17
Sj	0,04	0,10	0,03	0,06	0,05	0,20
nj	4	4	4	4	4	4
vj	3	3	3	3	3	3

x.. =	1,63	nh	4			
N =	24	sd^2 =	0,01011339	Ordem crescente das médias		
K =	6	se^2 =	0,41636399	AeCS1:2:9	0,9	x1
v =	18	st^2 =	0,42647738	AcCB1:2:9	1,1	x2
		S_comb				
Sc^2 =	0,01011339	=	0,10056535	AcCS1:2:9	1,24	x3
B =	14,9671243	Sx =	0,05028267	AeCS1:1:6	1,83	x4
K1 =	2,94444444			AcCB1:1:6	2,17	x5
B/K1 =	5,08317428	X2_0,05	11,07	AcCS1:1:6	2,52	x6
Verifica-se a igualdade dos desvios						
SQG =	8,37784683					
MQG =	1,67556937					
MQR =	0,01011339			GDL =	18	
F =	165,678329	F_0,05 (5;18)	2,77			
Diferença significativa entre médias			rk	2	3	4
				2,97	3,61	4
						4,28
						4,49
			RK	0,14933954	0,18152045	0,2011307
						0,2152098
						0,2257692

ANEXO F2

x4 - x1 =	0,93	x4 - x1 =	Direfe
x4 - x2 =	0,73	x4 - x2 =	Direfe
x4 - x3 =	0,59	x4 - x3 =	Direfe
x3 - x1 =	0,34	x3 - x1 =	Direfe
x3 - x2 =	0,14	x3 - x2 =	Não difere
x2 - x1 =	0,2	x2 - x1 =	Direfe
x6 - x1 =	1,62	x6 - x1 =	Difere
x6 - x2 =	1,42	x6 - x2 =	Difere
x6 - x3 =	1,28	x6 - x3 =	Difere
x6 - x4 =	0,69	x6 - x4 =	Difere
x6 - x5 =	0,35	x6 - x5 =	Difere
x5 - x1 =	1,27	x5 - x1 =	Difere
x5 - x2 =	1,07	x5 - x2 =	Difere
x5 - x3 =	0,93	x5 - x3 =	Difere
x5 - x4 =	0,34	x5 - x4 =	Difere

ANEXO F3

Verificação de valores espúrios AeCS1:2:9 - Resistência à compressão

Tensão(Mpa)	Média (Mpa)	Desvio	Verificação			
0,90	0,90	0,04	0,00	0,00	1	não é espúrio
0,95			1,08	1,08	1	não é espúrio
0,85			-1,33	1,33	1	não é espúrio
0,91			0,25	0,25	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios AcCS1:2:9 - Resistência à compressão

Tensão(Mpa)	Média (Mpa)	Desvio	Verificação			
1,23	1,24	0,10	-0,05	0,05	1	não é espúrio
1,26			0,17	0,17	1	não é espúrio
1,35			1,16	1,16	1	não é espúrio
1,11			-1,28	1,28	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios AcCB1:2:9 - Resistência à compressão

Tensão(Mpa)	Média (Mpa)	Desvio	Verificação			
1,12	1,10	0,03	0,62	0,62	1	não é espúrio
1,13			1,03	1,03	1	não é espúrio
1,08			-0,50	0,50	1	não é espúrio
1,06			-1,15	1,15	1	não é espúrio

ANEXO F3

Verificação de valores espúrios AeCS1:1:6 - Resistência à compressão

Tensão(Mpa)	Média (Mpa)	Desvio	Verificação			
1,77	1,83	0,06	-0,94	0,94	1	não é espúrio
1,88			0,80	0,80	1	não é espúrio
1,89			0,93	0,93	1	não é espúrio
1,78			-0,78	0,78	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios AcCS1:1:6 - Resistência à compressão

Tensão(Mpa)	Média (Mpa)	Desvio	Verificação			
2,58	2,52	0,05	1,12	1,12	1	não é espúrio
2,46			-1,26	1,26	1	não é espúrio
2,54			0,35	0,35	1	não é espúrio
2,51			-0,21	0,21	1	não é espúrio

Verificação de valores espúrios AcCB1:1:6 - Resistência à compressão

Tensão(Mpa)	Média (Mpa)	Desvio	Verificação			
2,39	2,17	0,20	1,05	1,05	1	não é espúrio
1,91			-1,27	1,27	1	não é espúrio
2,27			0,47	0,47	1	não é espúrio
2,12			-0,25	0,25	1	não é espúrio

ANEXO G1
RESISTÊNCIA DE ADERENCIA À TRAÇÃO

Argamassa AeCS1:2:9

Corpo de prova	Carga de ruptura (N)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio	CV
1	460	0,234	0,137	0,058	42,071
2	270	0,138			
3	170	0,087			
4	420	0,214			
5	150	0,076			
6	210	0,107			
7	250	0,127			
8	220	0,112			
Tipo de rompimento					
1	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
2	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
3	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
4	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
5	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
6	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
7	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
8	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				

Argamassa AcCS1:2:9

Corpo de prova	Carga de ruptura (N)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio	CV
1	460	0,234	0,201	0,075	37,477
2	200	0,102			
3	320	0,163			
4	390	0,199			
5	670	0,341			
6	320	0,163			
7	290	0,148			
8	510	0,260			
Tipo de rompimento					
1	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
2	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
3	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
4	ARGAMASSA				
5	ARGAMASSA				
6	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
7	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
8	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				

ANEXO G1
RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

Argamassa AcCB1:2:9

Corpo de prova	Carga de ruptura (N)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio	CV
1	220	0,112	0,130	0,031	24,083
2	280	0,143			
3	170	0,087			
4	380	0,194			
5	280	0,143			
6	230	0,117			
7	240	0,122			
8	240	0,122			
Tipo de rompimento					
1	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
2	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
3	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
4	ARGAMASSA				
5	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
6	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
7	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
8	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				

Argamassa AeCS1:1:6

Corpo de prova	Carga de ruptura (N)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio	CV
1	530	0,270	0,265	0,043	16,122
2	400	0,204			
3	590	0,301			
4	580	0,296			
5	640	0,326			
6	460	0,234			
7	530	0,270			
8	430	0,219			
Tipo de rompimento					
1	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
2	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
3	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
4	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
5	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
6	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
7	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
8	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				

ANEXO G1
RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

Argamassa AcCS1:1:6

Corpo de prova	Carga de ruptura N	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio	CV
1	780	0,397	0,313	0,103	32,899
2	640	0,326			
3	450	0,229			
4	460	0,234			
5	460	0,234			
6	1020	0,520			
7	620	0,316			
8	480	0,245			
Tipo de rompimento					
1	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
2	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
3	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
4	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
5	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
6	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
7	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
8	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				

Argamassa AcCB1:1:6

Corpo de prova	Carga de ruptura (N)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desvio	CV
1	680	0,346	0,306	0,050	16,355
2	440	0,224			
3	590	0,301			
4	670	0,341			
5	520	0,265			
6	650	0,331			
7	530	0,270			
8	730	0,372			
Tipo de rompimento					
1	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
2	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
3	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
4	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
5	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
6	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
7	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				
8	INTERFACE ARG/SUBSTRATO				

ANEXO G2
Comparação de múltiplas médias - Resistência de aderência à tração

Dados	Identificação					
	AeCS1:2:9	AcCS1:2:9	AcCB1:2:9	AeCS1:1:6	AcCS1:1:6	AcCB1:1:6
Xj	0,14	0,20	0,13	0,26	0,31	0,31
Sj	0,06	0,08	0,03	0,04	0,10	0,05
nj	8	8	8	8	8	8
vj	7	7	7	7	7	7
x.. =	0,23				nh	8
N =	48				$\sigma_d^2 =$	0,00415162
K =	6				$\sigma_e^2 =$	0,00613502
v =	42				$\sigma_t^2 =$	0,01028664
Sc^2 =	0,00415162				S_comb	
B =	12,1935946				=	0,06443308
K1 =	1,83333333				Sx =	0,02278053
B/K1 =	6,65105157	X2_0,05	14,067			
Verifica-se a igualdade dos desvios						
SQG =	0,26615874					
MQG =	0,05323175					
MQR =	0,00415162				GDL =	42
F =	12,8219153	F_0,05 (5;42)		2,44		
Diferença significativa entre médias				rk	2	3
					2,86	3,44
				RK	0,06515233	0,07836504
					0,0863382	0,0920334
					0,0963617	

ANEXO G2

	x4 - x1 =	0,13503185		x4 - x1 =	Difere
	x4 - x2 =	0,12802548		x4 - x2 =	Difere
	x4 - x3 =	0,06369427		x4 - x3 =	Não difere
	x3 - x1 =	0,07133758		x3 - x1 =	Não difere
	x3 - x2 =	0,06433121		x3 - x2 =	Não difere
	x2 - x1 =	0,00700637		x2 - x1 =	Não difere
x6 - x1 =	0,18280255		x6 - x1 =	Difere	
x6 - x2 =	0,17579618		x6 - x2 =	Difere	
x6 - x3 =	0,11146497		x6 - x3 =	Difere	
x6 - x4 =	0,0477707		x6 - x4 =	Não difere	
x6 - x5 =	0,00636943		x6 - x5 =	Não difere	
x5 - x1 =	0,17643312		x5 - x1 =	Difere	
x5 - x2 =	0,16942675		x5 - x2 =	Difere	
x5 - x3 =	0,10509554		x5 - x3 =	Difere	
x5 - x4 =	0,04140127		x5 - x4 =	Não difere	

ANEXO G3

Verificação de valores espúrios - aEcs1:2:9

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	0,23	0,14	0,06	1,69	1,69	1	não é expúrio
2	0,14			0,01	0,01	1	não é expúrio
3	0,09			-0,87	0,87	1	não é expúrio
4	0,21			1,34	1,34	1	não é expúrio
5	0,08			-1,05	1,05	1	não é expúrio
6	0,11			-0,52	0,52	1	não é expúrio
7	0,13			-0,17	0,17	1	não é expúrio
8	0,11			-0,43	0,43	1	não é expúrio

Verificação de valores espúrios - AcCS1:2:9

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	0,23	0,20	0,08	0,44	0,44	1	não é expúrio
2	0,10			-1,32	1,32	1	não é expúrio
3	0,16			-0,51	0,51	1	não é expúrio
4	0,20			-0,03	0,03	1	não é expúrio
5	0,34			1,86	1,86	1	não é expúrio
6	0,16			-0,51	0,51	1	não é expúrio
7	0,15			-0,71	0,71	1	não é expúrio
8	0,26			0,78	0,78	1	não é expúrio

Verificação de valores espúrios - AcCB1:2:9

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	0,11	0,13	0,03	-0,57	0,57	1	não é expúrio
2	0,14			0,41	0,41	1	não é expúrio
3	0,09			-1,38	1,38	1	não é expúrio
4	0,19			2,04	2,04	1	não é expúrio
5	0,14			0,41	0,41	1	não é expúrio
6	0,12			-0,41	0,41	1	não é expúrio
7	0,12			-0,24	0,24	1	não é expúrio
8	0,12			-0,24	0,24	1	não é expúrio

ANEXO G3
Verificação de valores espúrios - AeCS1:1:6

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	0,27	0,26	0,04	0,12	0,12	1	não é expúrio
2	0,20			-1,43	1,43	1	não é expúrio
3	0,30			0,83	0,83	1	não é expúrio
4	0,30			0,72	0,72	1	não é expúrio
5	0,33			1,43	1,43	1	não é expúrio
6	0,23			-0,72	0,72	1	não é expúrio
7	0,27			0,12	0,12	1	não é expúrio
8	0,22			-1,07	1,07	1	não é expúrio

Verificação de valores espúrios - AcCS1:1:6

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	0,40	0,31	0,10	0,82	0,82	1	não é expúrio
2	0,33			0,13	0,13	1	não é expúrio
3	0,23			-0,81	0,81	1	não é expúrio
4	0,23			-0,76	0,76	1	não é expúrio
5	0,23			-0,76	0,76	1	não é expúrio
6	0,52			2,01	2,01	1	não é expúrio
7	0,32			0,03	0,03	1	não é expúrio
8	0,24			-0,66	0,66	1	não é expúrio

Verificação de valores espúrios - AcCB1:1:6

Amostra	Massa (g)	Média (g)	Desvio	Verificação			
1	0,35	0,31	0,05	0,80	0,80	1	não é expúrio
2	0,22			-1,64	1,64	1	não é expúrio
3	0,30			-0,11	0,11	1	não é expúrio
4	0,34			0,70	0,70	1	não é expúrio
5	0,26			-0,83	0,83	1	não é expúrio
6	0,33			0,50	0,50	1	não é expúrio
7	0,27			-0,72	0,72	1	não é expúrio
8	0,37			1,31	1,31	1	não é expúrio

ANEXO H

Quantitativo de componentes - análise térmica

Amostra CS

Componente	Perda de massa (%)	Massas molares	Quantidade do componente (%)
Ca(OH) ₂	1,1	74,1	4,53
Mg(OH) ₂		58,31	0,00
CaCO ₃	1,7	100,1	3,87
	H ₂ O	18	
	CO ₂	44	

Amostra CB

Componente	Perda de massa (%)	Massas molares	Quantidade do componente (%)
Ca(OH) ₂	0,3	74,1	1,24
Mg(OH) ₂	1,3	58,31	4,21
CaCO ₃	4	100,1	9,10
	H ₂ O	18	
	CO ₂	44	

Amostra CB1:2-1

Componente	Perda de massa (%)	Massas molares	Quantidade do componente (%)
Ca(OH) ₂	10,5	74,1	43,23
Mg(OH) ₂	10,6	58,31	34,34
CaCO ₃	3,4	100,1	7,74
	H ₂ O	18	
	CO ₂	44	

Amostra CB1:4-1

Componente	Perda de massa (%)	Massas molares	Quantidade do componente (%)
Ca(OH) ₂	10,9	74,1	44,87
Mg(OH) ₂	10,8	58,31	34,99
CaCO ₃	3,1	100,1	7,05
	H ₂ O	18	
	CO ₂	44	

ANEXO H
Quantitativo de componentes - análise térmica

Amostra CS1:3-1

Componente	Perda de massa (%)	Massas molares	Quantidade do componente (%)
Ca(OH) ₂	10,9	74,1	44,87
Mg(OH) ₂	11,4	58,31	36,93
CaCO ₃	2,4	100,1	5,46
	H ₂ O	18	
	CO ₂	44	

Amostra RCS1:2-1

Componente	Perda de massa (%)	Massas molares	Quantidade do componente (%)
Ca(OH) ₂	2,8	74,1	11,53
Mg(OH) ₂	4,9	58,31	15,87
CaCO ₃	10,2	100,1	23,21
	H ₂ O	18	
	CO ₂	44	

Amostra RCB1:2-1

Componente	Perda de massa (%)	Massas molares	Quantidade do componente (%)
Ca(OH) ₂	0,5	74,1	2,06
Mg(OH) ₂	4,2	58,31	13,61
CaCO ₃	14	100,1	31,85
	H ₂ O	18	
	CO ₂	44	

ANEXO I

Propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido

Argamassa	a/ms	a/c	agua/agl	agl/agr	Me (g/cm ³)	ar (%)	Ret água (%)	Fc28 Mpa	% cimento	R ad (Mpa)
AeCS1:2:9	0,25	3,96	2,12	0,13	1,98	1,5	91,3	0,9	6,11	0,137
AeCS1:1:6	0,25	2,76	1,93	0,15	1,97	1,5	87,5	1,93	9,05	0,265
AcCS1:2:9	0,29	3,99	2,14	0,16	1,92	2,04	93,3	1,24	7,07	0,201
AcCS1:1:6	0,28	2,65	1,85	0,18	1,94	1,22	90,4	2,52	10,45	0,322
AcCB1:2:9	0,32	4,38	2,24	0,16	1,88	2,1	96,4	1,1	7,03	0,13
AcCB1:1:6	0,29	2,77	1,88	0,19	1,92	1,3	93,3	2,17	10,44	0,306